س / ما المقصود بالمتسعة ومم تتكون ؟

ج / هي جهاز يستعمل لتخزين الشحنة الكهربائية والطاقة الكهربائية وتتكون من زوج أو أكثر من الصفائح الموصلة يفصل بينهما عازل (أما الفراغ أو الهواء أو مادة عازلة كهربائياً) حيث تخزن الشحنات الموجبة على أحد الموصلين والشحنات السالبة على الموصل الآخر .

ملاحظة: تصنع المتسعات بأشكال وأحجام مختلفة ومنها متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين ومتسعة ذات الكرتين المتحدتي المركز ومتسعة ذات الأسطوانتين المتحدتي المركز . وسندرس في هذا الفصل المتسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين رمزها (—||—)

س / علل / نادراً ما يستعمل موصل منفرد معزول في تخزين الشحنات الكهربائية ؟

ج / لأنه يخزن كمية محدودة من الشحنات الكهربائية . وعند زيادة الشحنات يؤدي الى زيادة فرق الجهد بينه وبين أي جسم آخر (الهواء مثلاً) وعندها يزداد مقدار المجال الكهربائي مما يؤدي الى حصول تفريغ كهربائي خلال الهواء المحيط به .

حسب العلاقة $V = K\frac{Q}{r}$ حيث ان : (K : ثابت التناسب في قانون كولوم)

$K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9\times10^{9}\ Nm^2/C^2$ (ϵ_0 : سماحية الفراغ وتساوي $\epsilon_0 = 8.85\times10^{-12}\ C^2/Nm^2$)

س / لماذا يستعمل موصلان في صنع المتسعة بدلاً من موصل واحد ؟

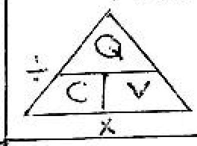
ج / 1. لزيادة قابليتها في خزن كميات كبيرة من الشحنات 2. الاحتفاظ بالشحنات لفترة أطول
3. التحكم بمقدار سعة المتسعة .

س / ما المقصود بـ (سعة المتسعة) ؟ وما هو رمزها ؟ وما قانونها ؟ ووحدات قياسها ؟ والفائدة منها ؟

ج / هي النسبة الشحنة (Q) المختزنة في أي من صفيحتيها الى مقدار فرق الجهد (V) بين الصفيحتين .

رمزها : (C) قانونها : $C = \frac{Q}{V}$ وحدات قياسها : تسمى الفاراد (Farad) وتساوي $\left(\frac{Coulomb}{Volt}\right)$.

فائدتها : تعد مقياس لمقدار الشحنة اللازم وضعها على أي من صفيحتيها لتوليد فرق جهد كهربائي معين بينهما أي أن المتسعة ذات السعة الأكبر فإنها تستوعب شحنة بمقدار أكبر



س / ما العوامل التي تعتمد عليها سعة المتسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين ؟

ج / 1. المساحة السطحية (A) المتقابلة لكل من الصفيحتين . (التناسب طردي) $(C \propto A)$
2. البعد (d) بين الصفيحتين . (التناسب عكسي) $(C \propto \frac{1}{d})$
3. نوع الوسط العازل بين الصفيحتين .

س / كيف تحسب سعة المتسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين . اذا الوسط العازل بين الصفيحتين :
1 - فراغ أو هواء ؟
2 - مادة عازلة كهربائياً ثابت عزلها (K)

ج / سعة المتسعة تعطى بالعلاقة :

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

سعة المتسعة تعطى بالعلاقة :

$$C_K = K\frac{\epsilon_0 A}{d}$$

$$C_K = K \cdot C$$

ملاحظة: يعد الفاراد (Farad) وحدة كبيرة جداً ولذلك فقد استعيض عنها في معظم التطبيقات العملية بأجزاء الـ (Farad) لتكون أكثر ملائمة عملياً وهي :

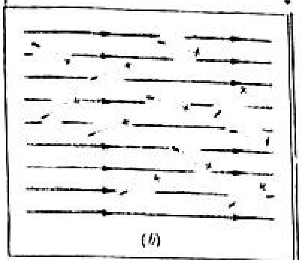
(بيكو) $1pF = 10^{-12}F$ أو (نانو) $1nF = 10^{-9}F$ أو (مايكرو) $1\mu F = 10^{-6}F$

س/ ما المقصود بـ (المواد العازلة)؟ ج/ هي المواد التي تكون غير موصلة للكهربائية في الظروف الاعتيادية.

س/ لماذا تسمى المواد بـ العازلة كهربائياً؟ ج/ لأنها تعمل على تغير مقدار المجال الكهربائي الموضوعة فيه.

س/ ما هي أنواع المواد العازلة؟ ج/ تصنف المواد العازلة الى نوعين :

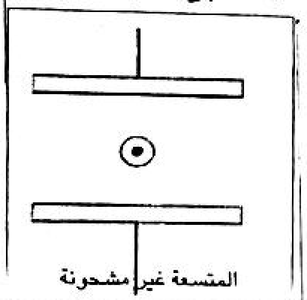
اولاً : العوازل القطبية : مثل (الماء النقي) حيث يكون التباعد بين مركزي شحنتها السالبة والموجبة ثابتاً (وتمتلك جزيئاتها عزوماً كهربائية ثنائية القطب دائمية).

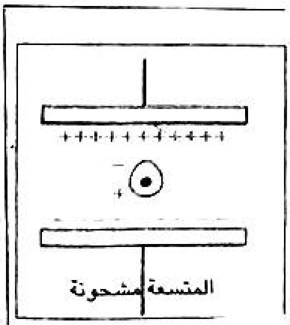


س/ ماذا يحصل عند ادخال عازل قطبي بين صفيحتي متسعة مشحونة؟

ج/ المجال الكهربائي بين الصفيحتين يؤثر على دايبولات العازل العشوائية ويجعلها معظمها يصطف بموازاة المجال، كما موضح بالشكل المقابل. فيتولد مجالاً كهربائياً داخل العازل اتجاهه معاكساً لاتجاه المجال الخارجي المؤثر وأقل منه مقداراً وبالنتيجة يقل مقدار المجال الكهربائي الحاصل بين صفيحتي المتسعة.

ثانياً : العوازل غير القطبية : مثل (الزجاج والبولي ثيلين) حيث يكون التباعد بين مركزي شحنتها الموجبة والسالبة غير ثابتاً.



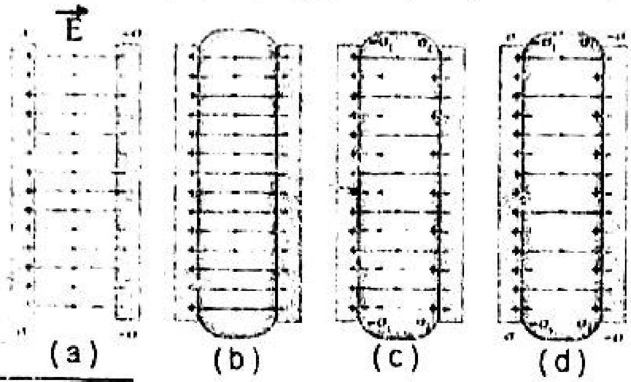


س/ ماذا يحصل عند ادخال عازل غير قطبي بين صفيحتي متسعة مشحونة؟

ج/ المجال الكهربائي بين الصفيحتين يعمل على ازاحة مركزي الشحنتين الموجبة والسالبة في الجزيئة الواحدة بازاحة ضئيلة. فتكتسب بصورة مؤقتة عزوماً كهربائية ثنائية القطب بطريقة الحث الكهربائي فيتحول الجزيء الى دايبول كهربائي يصطف باتجاه المجال الخارجي المؤثر. فتظهر شحنة سطحية موجبة على وجه العازل المقابل للصفيحة السالبة للمتسعة وشحنة سطحية سالبة على وجه العازل المقابل للصفيحة الموجبة للمتسعة ويصبح العازل مستقطباً والشحنتان السطحيتان على وجه العازل تولدان مجالاً كهربائياً داخل العازل (E_d) يعاكس في اتجاهه اتجاه المجال المؤثر في الصفيحتين (E) فيعمل على اضعاف المجال الكهربائي الخارجي المؤثر وكما موضح في الشكل المقابل.

س/ ماذا يحصل ؟ للمجال الكهربائي وفرق الجهد بين صفيحتي المتسعة وسعة المتسعة عند ادخال مادة عازلة بين صفيحتيها وضح ذلك ؟

ج / يقل . عند ادخال العازل يتولد مجالاً كهربائياً داخل العازل E_d اتجاهه معاكسا لاتجاه المجال الخارجي المؤثر بين الصفيحتين E فيعمل على اضعاف المجال الكهربائي الخارجي المؤثر ويعطى متجه المجال الكهربائي المحصل (E_k) بالعلاقة الاتية :



$$\overrightarrow{E_k} = \overrightarrow{E} + \overrightarrow{E_d}$$

$$\overrightarrow{E_k} = \overrightarrow{E} - \overrightarrow{E_d}$$

فيقل مقدار المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة بالمقدار k ويكون : $E_k = \dfrac{E}{k}$

، وبما ان المجال الكهربائي ($E = \dfrac{V}{d}$)

أي ان فرق الجهد يتناسب طردياً مع المجال الكهربائي فيقل فرق الجهد الكهربائي بين الصفيحتين ايضاً بالمقدار k ويكون $V_k = \dfrac{V}{k}$

حيث ان : V فرق الجهد بين الصفيحتين في حالة الفراغ هو العازل بينهما . V_k هو فرق الجهد بينهما بوجود العازل .

وبما ان فرق الجهد ($V = \dfrac{Q}{C}$)

(اي ان سعة المتسعة تتناسب عكسياً مع فرق الجهد) فتزداد سعة المتسعة ايضاً بالمقدار k ويكون : $C_k = k\,C$

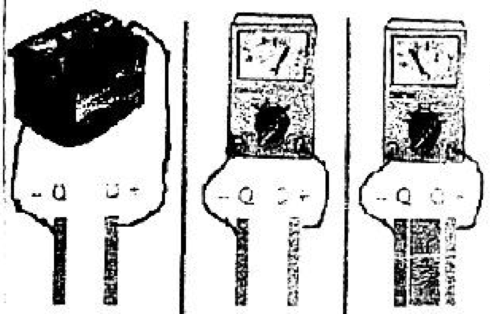
س / ما المقصود بـ (ثابت العزل الكهربائي) او (السماحية النسبية للمادة) ؟ وما هو رمزه ؟ ووحدات قياسه ؟ وقانونه ؟

ج/ هوالنسبة بين سعة المتسعة بوجود العازل (C_k) الى سعة المتسعة بوجود الفراغ او الهواء (C) .

يرمز له (k) . ويكون خالي من الوحدات . ويمكن ايجاده من القانون التالي :

$$k = \frac{C_k}{C}$$

س / وضح بتجربة تأثير ادخال العازل الكهربائي بين صفيحتي متسعة مشحونة ومفصولة عن البطارية في مقدار فرق الجهد الكهربائي بينهما ؟ او اذكر (تجربة فراداي توضح فيها تأثير وضع عازل بين لوحي متسعة على سعة المتسعة) ؟



الشكل (1) الشكل (2) الشكل (3)

ج/ 1 نربط احد قطبي البطارية بأحدى صفيحتي متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين العازل بينهما هواء ثم نربط القطب الاخر بالصفيحة الثانية فتنشحن احدى الصفيحتين بالشحنة الموجبة (Q +) والاخرى بالشحنة السالبة (Q −) . كما في الشكل (1)

2 - نفصل البطارية عن الصفيحتين .

3 - نربط الطرف الموجب للفولطميتر (V) بالصفيحة الموجبة ونربط الطرف السالب للفولطميتر بالصفيحة السالبة نلاحظ انحراف مؤشر الفولطميتر عند قراءة معينة . كما في الشكل (2)

4 - ندخل اللوح العازل بين صفيحتي المتسعة المشحونة . كما في الشكل (3)

نلاحظ : حصول نقصان في قراءة الفولطميتر (V) .

نستنتج : عند ادخال مادة عازلة ثابت عزلها (k) بين صفيحتي المتسعة المشحونة يتسبب بنقصان فرق الجهد الكهربائي بينهما بنسبة مقدارها ثابت العزل (k) فتكون $V_k = \dfrac{V}{k}$ وسوف تزداد سعة المتسعة حسب العلاقة : $C = \dfrac{Q}{V}$ بثبوت مقدار الشحنة (Q)

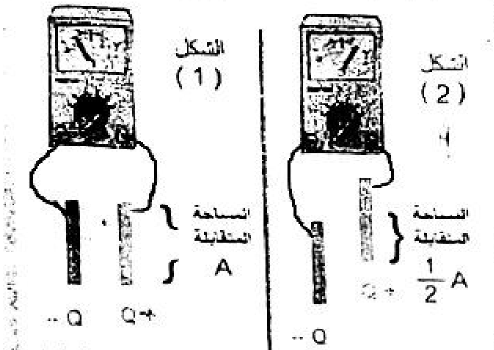
اي ان سعة المتسعة بوجود العازل الكهربائي تزداد بالعامل (k) فتكون : $C_k = k\,C$

س / حدد مقدار أقصى فرق جهد كهربائي يمكن أن تعمل فيه المتسعة ؟

ج / مقدار أقصى فرق جهد يمكن ان تعمل به المتسعة لمنع الانهيار الكهربائي المبكر للعازل بين الصفيحتين نتيجة لعبور الشرارة خلاله فتتفرغ عندئذٍ المتسعة من جميع شحنتها وتتلف المتسعة عندئذٍ .

س/ وضح بتجربة تغير مقدار سعة متسعة الصفيحتين المتوازيتين بتغير المساحة السطحية للصفيحتين ؟

ج/ الشكل 1 يوضح متسعة مشحونة بشحنة ذات مقدار معين مفصولة عن مصدر الفولطية ومربوطة بين طرفي فولطميتر لقياس فرق الجهد بين صفيحتيها . فعندما تكون المساحة السطحية المتقابلة لصفيحتي المتسعة تساوي (A) تكون قراءة الفولطميتر عند تدريجة معينة فيكون فرق الجهد بين الصفحتين يساوي (V) . وبتقليل المساحة السطحية المتقابلة للصفيحتين الى نصف ما كانت عليه ($\frac{1}{2}A$) وذلك بازاحة احدى الصفيحين جانبا (مع المحافظة على بقاء مقدار الشحنة ثابتا) كما في الشكل 2



نلاحظ : ازدياد قراءة الفولطميتر الى ضعف ما كانت عليه (2 V)

وعلى وفق العلاقة $C = \frac{Q}{V}$ تقل سعة المتسعة بازدياد فرق الجهد بين صفيحتيها بثبوت مقدار الشحنة .

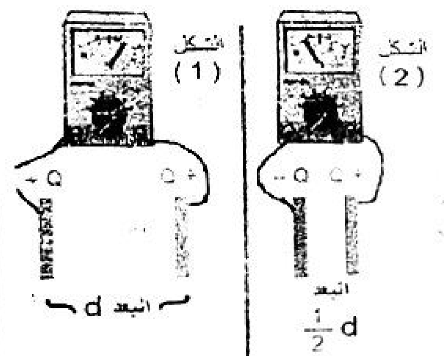
نستنتج ان سعة المتسعة تقل بنقصان المساحة المتقابلة للصفيحتين والعكس صحيح

اي ان السعة C لمتسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين تتناسب طرديا مع المساحة (A) المتقابلة للصفيحتين ($C \propto A$)

س/ وضح بتجربة تغير مقدار سعة متسعة الصفيحتين المتوازيتين بتغير البعد بين الصفيحتين ؟

ج/ الشكل 1 يوضح متسعة مشحونة بشحنة ذات مقدار معين مفصولة عن مصدر الفولطية ومربوطة بين طرفي فولطميتر لقياس فرق الجهد بين صفيحتيها .البعد الابتدائي بينهما (d) تكون قراءة الفولطميتر عند تدريجة معينة فيكون فرق الجهد بين الصفحتين يساوي(V)

وعند تقريب الصفيحتين من بعضهما الى البعد ($\frac{1}{2}d$)
(مع المحافظة على بقاء مقدار الشحنة ثابتا) . كما في الشكل 2



نلاحظ : ان قراءة الفولطميتر تقل الى نصف ما كانت عليه ($\frac{1}{2}V$)

وعلى وفق العلاقة $C = \frac{Q}{V}$ تزداد سعة المتسعة بنقصان فرق الجهد بين صفيحتيها بثبوت مقدار الشحنة .

نستنتج ان سعة المتسعة تزداد بنقصان البعد بين الصفيحتين والعكس صحيح

اي ان السعة C لمتسعة تتناسب عكسياً مع البعد بين الصفيحتين d . ($C \propto \frac{1}{d}$)

س/ ما المقصود بـ (قوة العزل الكهربائي) للمادة ؟ وما الفائدة العملية منها ؟

ج/ أقصى مقدار للمجال الكهربائي يمكن أن تتحمله تلك المادة قبل حصول الانهيار الكهربائي لها .

الفائدة منها : تعتبر مقياس لقابلية المادة في الصمود أمام فرق الجهد الكهربائي المسلط عليها .

س/ ما المقصود بـ (مصرف المتسعات) ؟ وما الفائدة العملية منه ؟

ج/ مستودع كبير للمتسعات فهو يخزن مقادير كبيرة جداً من الطاقة الكهربائية . موجود قرب مدينة شيكاغو .

الفائدة منه : يستثمر في معجل الجسيمات في مختبر فيرمي ويزوده بكمية هائلة من الطاقة الكهربائية وباندفاع قوي جداً ومفاجئ .

س/ ماذا يحصل لسعة متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين عند مضاعفة كل من:

1- مساحة الصفيحتين بثبوت البعد بينهما؟

ج/ تتضاعف السعة لأن سعة المتسعة تتناسب طردياً مع المساحة حسب العلاقة

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

2- البعد بينهما بثبوت مساحة الصفيحتين؟

ج/ تقل السعة الى النصف لأن سعة المتسعة تتناسب عكسياً مع البعد حسب العلاقة $C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$

ملاحظة مهمة جداً

1- عند ادخال عازل بين صفيحتي متسعة منفصلة عن البطارية فأن فرق الجهد للمتسعة يقل بمقدار k (والشحنة تبقى ثابتة).

2- عند ادخال عازل بين صفيحتي متسعة مربوطة مع البطارية فأن شحنة المتسعة تزداد بمقدار k (وفرق الجهد يبقى ثابت).

3- عند ادخال عازل بين صفيحتي متسعة منفصلة او مربوطة مع البطارية فأن سعة المتسعة تزداد بمقدار (k)

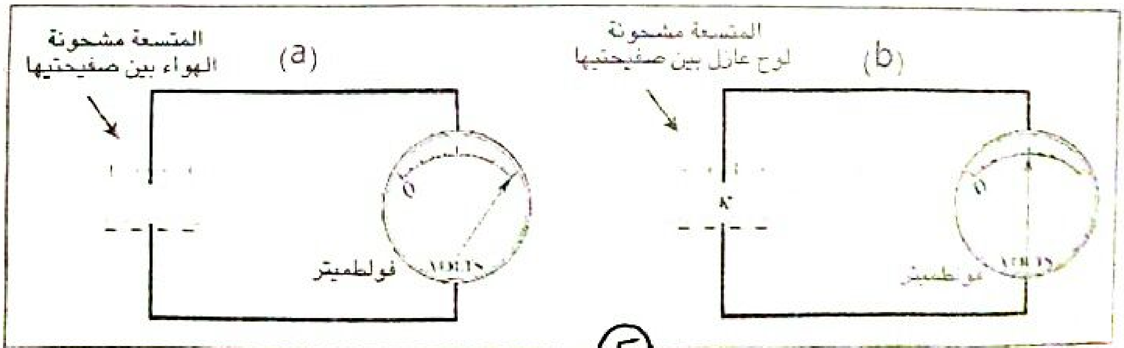
مثال (1)

متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين سعتها (10pF) شحنت بوساطة بطارية فرق الجهد بين قطبيها (12V)، فإذا فصلت المتسعة عن البطارية ثم ادخل بين صفيحتيها لوح من مادة عازلة كهربائيا ثابت عزلها (6) يملأ الحيز بينهما. لاحظ الشكل (14) ما مقدار:

1- الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي المتسعة.

2- سعة المتسعة بوجود العازل الكهربائي.

3- فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة بعد إدخال العازل.



1- لحساب مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي المتسعة لدينا العلاقة: $Q = C \times \Delta V$

$Q = 10 \times 10^{-12} \times 12 = 120 \times 10^{-12}$ coulomb

2- لحساب سعة المتسعة بوجود العازل: $C_k = k\,C$

فتكون: $C_k = 6 \times 10 \times 10^{-12}\,F = 60 \times 10^{-12} F$

3- لحساب فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة بعد إدخال العازل:

$\Delta V_k = Q \,/\, C_k = 120 \times 10^{-12} \,/\, 60 \times 10^{-12} = 2\,V$

او يحسب من :

$$\Delta V_k = \frac{\Delta V}{K} = \frac{12}{6} = 2V$$

مثال (2)

متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين، البعد بين صفيحتيها (0.5 cm) وكل من صفيحتيها مربعة الشكل طول ضلع كل منها (10cm) ويفصل بينهما الفراغ (علما ان سماحية الفراغ $\epsilon_o = 8.85 \times 10^{-12}\ C^2 / N.m^2$).

ما مقدار:

1- سعة المتسعة.

2- الشحنة المختزنة في أي من صفيحتيها بعد تسليط فرق جهد (10V) بينهما.

الحل

1- لدينا العلاقة : $C = \dfrac{\epsilon_o A}{d}$

وبما أن كل من الصفيحتين مربعة الشكل فتكون المساحة $A = (0.1)^2 = 1 \times 10^{-2} m^2$

والبعد بين الصفيحتين $d = 0.5cm = 5 \times 10^{-3} m$

نعوض ذلك في العلاقة المذكورة آنفاً: $C = 8.85 \times 10^{-12} \times \dfrac{1 \times 10^{-2}}{5 \times 10^{-3}}$

أي إن مقدار سعة المتسعة هو $C = 1.77 \times 10^{-11} F = 17.7 \times 10^{-12} F = 17.7\ pF$

2- لحساب مقدار الشحنة المختزنة في أي من صفيحتيها نطبق العلاقة: $Q = C\,\Delta V$

$Q = 17.7 \times 10^{-12} \times 10 = 177 \times 10^{-12}$ coulomb

ربط المتسعات : هنالك نوعين من ربط المتسعات

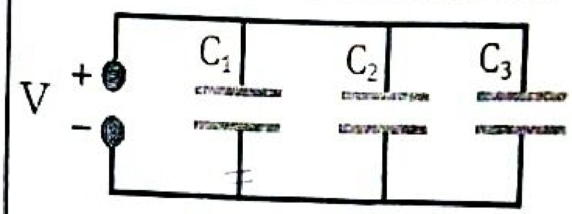
ربط التوازي

مميزاته :

فرق جهد المصدر $V_{total} = V_1 = V_2 = V_3$

الشحنة الكلية $Q_{total} = Q_1 + Q_2 + Q_3$

السعة المكافئة $C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3$



رسم الدائرة الكهربائية المتوازية الربط

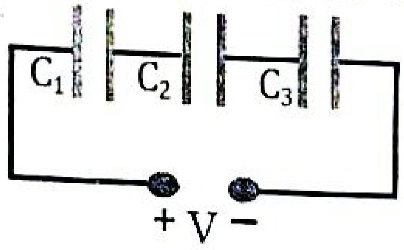
ربط التوالي

مميزاته :

الشحنة الكلية $Q_{total} = Q_1 = Q_2 = Q_3$

فرق جهد المصدر $V_{total} = V_1 + V_2 + V_3$

$\frac{1}{\text{السعة المكافئة}}$ $\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$



رسم الدائرة الكهربائية المتوالية الربط

س / ما الغرض من ربط المتسعات على التوازي ؟
ج/ للحصول على سعة مكافئة كبيرة المقدار يمكن بواساطتها تخزين شحنة كهربائية كبيرة المقدار وبفرق جهد واطيء .

س / ما الغرض من ربط المتسعات على التوالي ؟
ج/ ليكون بالإمكان وضع فرق جهد كهربائي بمقدار اكبر على طرفي المجموعة قد لا تتحمله أي متسعة من المجموعة لو ربطت منفردة

س/ لماذا تزداد السعة المكافئة للمجموعة عند ربطها على التوازي؟
ج/ لان ربط المتسعات على التوازي يعني ازدياد المساحة السطحية المتقابلة لصفيحتي المتسعة المكافئة فتزداد مقدار السعة المكافئة للمجموعة المتوازية ويكون اكبر من اكبر سعة في المجموعة .
(تناسب طردي) (بثبوت البعد بين الصفيحتين ونوع العازل)

س/ لماذا تقل السعة المكافئة للمجموعة عند ربطها على التوالي؟
ج/ لان ربط المتسعات على التوالي يعني ازدياد البعد بين صفيحتي المتسعة المكافئة فتقل مقدار السعة المكافئة للمجموعة المتوالية ويكون اصغر من اصغر سعة في المجموعة .
(تناسب عكسي) (بثبوت مساحة الصفيحتين ونوع العازل)

س / ما طريقة ربط مجموعة من المتسعات لكي نحصل على سعة مكافئة كبيرة المقدار يمكن بواساطتها تخزين شحنة كهربائية كبيرة المقدار وبفرق جهد واطيء لا يمكن الحصول على ذلك باستعمال متسعة واحدة ؟
ج / نربط المتسعات على التوازي .

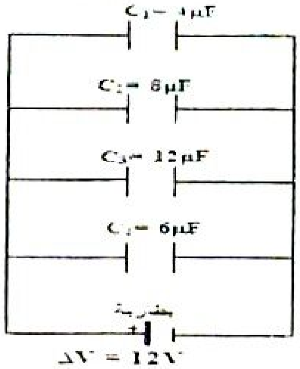
س / ما طريقة ربط مجموعة من المتسعات ليكون بالإمكان وضع فرق جهد كبير على طرفي المجموعة قد لا تتحمله المتسعة المنفردة ؟
ج / نربط المتسعات على التوالي .

ملاحظة قد يكون هنالك نوعين من الربط (توازي وتوالي) في الدائرة الكهربائية ويسمى بالربط المختلط وكما موضح في الأمثلة الآتية ....

مثال 3

اربع متسعات سعاتها حسب الترتيب (4 μF ، 8 μF ، 12 μF ، 6 μF) مربوطة مع بعضها على التوازي ربطت المجموعة بين قطبي بطارية فرق الجهد بين قطبيها (12 v) احسب مقدار : 1- السعة المكافئة للمجموعة ؟ 2 - الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي كل متسعة ؟ 3 - الشحنة الكلية المختزنة في المجموعة ؟

الحل /



1: $C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 + C_4$

$C_{eq} = 4 + 8 + 12 + 6 = 30 \ \mu F$

2 : $V_{total} = V_1 = V_2 = V_3 = V_4 = 12 \ v$ (ربط توازي)

$Q_1 = C_1 \times V = 4 \times 12 = 48 \ \mu$ Coulom

$Q_2 = C_2 \times V = 8 \times 12 = 96 \ \mu$ Coulom

$Q_3 = C_3 \times V = 12 \times 12 = 144 \ \mu$ Coulom

$Q_4 = C_4 \times V = 6 \times 12 = 72 \ \mu$ Coulom

3 : $Q_{total} = C_{eq} \times V_{total} = 30 \times 12 = 360 \ \mu$ Coulom

حل اخر $Q_{total} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$

$Q_{total} = 48 + 96 + 144 + 72 = 360 \ \mu$ Coulom

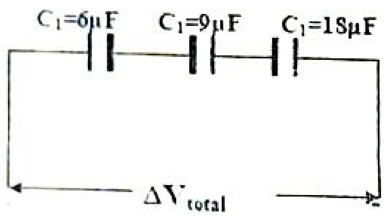
مثال 4

ثلاث متسعات من ذوات الصفيحتين المتوازيتين سعاتها حسب الترتيب (6 μF ، 9 μF ، 18 μF) مربوطة مع بعضها على التوالي شحنت المجموعة بشحنة كلية (300 μ Coulom) احسب مقدار :
1- السعة المكافئة للمجموعة ؟ 2 - الشحنة المختزنة في اي من صفيحتي كل متسعة ؟
3 - فرق الجهد الكلي بين طرفي كل المجموعة ؟ 4 - فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة ؟

الحل /

1: $\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$

$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{6} + \frac{1}{9} + \frac{1}{18} = \frac{6}{18} = \frac{1}{3}$ ➡ $C_{eq} = 3 \ \mu F$

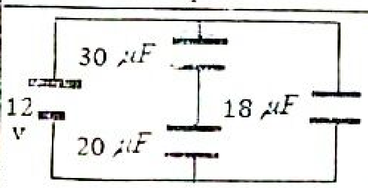


2: $Q_{total} = Q_1 = Q_2 = Q_3 = 300 \ \mu$ Coulom ربط توالي

3: $V_{total} = \frac{Q_{total}}{C_{eq}} = \frac{300}{3} = 100 \ v$

4 : $V_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{300}{6} = 50 \ v$ $V_2 = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{300}{9} = \frac{100}{3} \ v$ $V_3 = \frac{Q_3}{C_3} = \frac{300}{18} = \frac{50}{3} \ v$

مثال 5



من المعلومات المثبتة في الشكل المقابل أحسب مقدار :
1 - السعة المكافئة للمجموعة ؟ 2 - الشحنة الكلية المختزنة في المجموعة ؟
3 - الشحنة المختزنة في اي من صفيحتي كل متسعة ؟

الحل / نحسب السعة المكافئة C_{eq1} للمتسعتين C_1 و C_2 المربوطتين على التوالي

1. $\frac{1}{C_{eq1}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{20} + \frac{1}{30} = \frac{5}{60} = \frac{1}{12}$ ➡ $C_{eq1} = 12 \ \mu F$

نحسب السعة المكافئة الكلية (C_{eq}) للمتسعتين (C_{eq1} و C_3)(ربط توازي) $C_{eq} = C_{eq1} + C_3 = 12 + 18 = 30 \ \mu F$

2. $Q_{total} = C_{eq} \times V_{total} = 30 \times 12 = 360 \ \mu$ Coulom

$V_{total} = V = V_3 = 12 \ v$

3. $Q_{eq1} = C_{eq1} \times V = 12 \times 12 = 144 \ \mu$ Coulom $Q_1 = Q_2$ ربط توالي

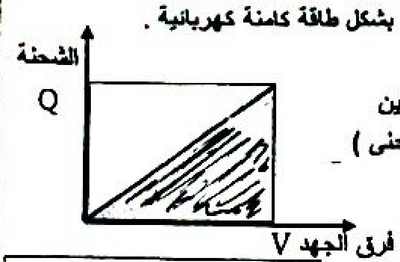
$Q_3 = C_3 \times V = 18 \times 12 = 216 \ \mu$ Coulor

س/ ما المقصود بـ (الطاقة المختزنة) في المجال الكهربائي للمتسعة ؟ وما رمزها ؟ وما وحدات قياسها ؟ وكيف يمكن حساب مقدارها ؟

ج/ هي الشغل اللازم لنقل كمية من الشحنات الكهربائية من موقع الى اخر ويتخزن هذا الشغل بشكل طاقة كامنة كهربائية .

رمزها : ($PE_{electric}$) . وتقاس: بالجول (Joule) واختصاره : J

يمكن حسابها : وذلك برسم مخططا بيانياً بين مقدار الشحنة Q المختزنة في أي من الصفيحتين وفرق الجهد الكهربائي V بينهما من خلال حساب مساحة المثلث (المنطقة المظللة تحت المنحنى) والتي تساوي:



$$PE_{electric} = \frac{1}{2} V \times Q$$

حيث ان : (القاعدة تمثل V والارتفاع يمثل Q)

بما ان : $C = \frac{Q}{V}$ فتصبح الطاقة المختزنة

$$PE_{electric} = \frac{1}{2} C \times V^2$$ او $$PE_{electric} = \frac{1}{2} \times \frac{Q^2}{C}$$

مثال 6

ما مقدار الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي لمتسعة سعتها (2 μ F) اذا شحنت لفرق جهد كهربائي (5000 v) وما مقدار القدرة التي نحصل عليها عند تفريغها بزمن (10 μ s) ؟

الحل /

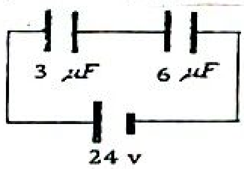
$$PE_{electric} = \frac{1}{2} C \times V^2 = \frac{1}{2} (2 \times 10^{-6}) (5000)^2 = 25 \ J$$

القدرة (Power) $P = \frac{PE_{electric}}{t} = \frac{25}{10 \times 10^{-6}} = 2.5 \times 10^6$ Watt

مثال 7

متسعتان من ذوات الصفيحتين المتوازيتين ($C_1 = 3 \ \mu F$ ، $C_2 = 6 \ \mu F$) مربوطتان مع بعضهما على التوالي ربطت مجموعتهما بين قطبي بطارية فرق الجهد بين قطبيها (24 v) وكان الهواء عازلا بين صفيحتي كل منهما . اذا ادخل بين صفيحتي كل منهما لوح من مادة عازلة ثابت عزلها (2) يملأ الحيز بينهما (وما زالت المجموعة متصلة بالبطارية) فما مقدار فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة و الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي كل متسعة في حالتين : 1- قبل ادخال العازل ؟ 2- بعد ادخال العازل ؟

الحل / قبل ادخال العازل



$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{3} + \frac{1}{6} = \frac{3}{6} = \frac{1}{2} \qquad C_{eq} = 2 \ \mu F$$

$Q_{total} = C_{eq} \times V_{total} = 2 \times 24 = 48 \ \mu$ Coulom

وبما ان الربط توالي $Q_{total} = Q_1 = Q_2 = 48 \ \mu$ Coulom

$$V_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{48}{3} = 16 \ v$$

$$V_2 = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{48}{6} = 8 \ v$$

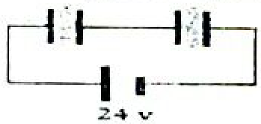
$$PE_{(1)electric} = \frac{1}{2} C_1 \times V_1^2$$

$$PE_{(1)} = \frac{1}{2} (3 \times 10^{-6}) (16)^2 = 384 \times 10^{-6} \ J$$

$$PE_{(2)electric} = \frac{1}{2} C_2 \times V_2^2$$

$$PE_{(2)} = \frac{1}{2} (6 \times 10^{-6}) (8)^2 = 192 \times 10^{-6} \ J$$

بعد ادخال العازل



$$C_{k1} = k \, C_1 = 2 \times 3 = 6 \ \mu F$$

$$C_{k2} = k \, C_2 = 2 \times 6 = 12 \ \mu F$$

$$\frac{1}{C_{Keq}} = \frac{1}{C_{K1}} + \frac{1}{C_{K2}} = \frac{1}{6} + \frac{1}{12} = \frac{3}{12} = \frac{1}{4} \qquad C_{Keq} = 4 \ \mu F$$

$Q_{K\,total} = C_{Keq} \times V_{total} = 4 \times 24 = 96 \ \mu$ Coulom

وبما ان الربط توالي $Q_{K\,total} = Q_{K1} = Q_{K2} = 96 \ \mu$ Coulom

$$V_{K1} = \frac{Q_{K1}}{C_{K1}} = \frac{96}{6} = 16 \ v$$

$$V_{K2} = \frac{Q_{K2}}{C_{K2}} = \frac{96}{12} = 8 \ v$$

$$PE_{(1)electric} = \frac{1}{2} C_{k1} \times V_1^2$$

$$PE_{(1)} = \frac{1}{2} (6 \times 10^{-6}) (16)^2 = 768 \times 10^{-6} \ J$$

$$PE_{(2)electric} = \frac{1}{2} C_{k2} \times V_2^2$$

$$PE_{(2)} = \frac{1}{2} (12 \times 10^{-6}) (8)^2 = 384 \times 10^{-6} \ J$$

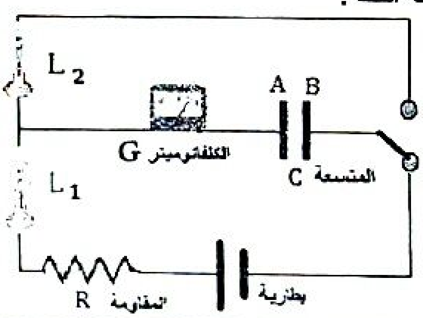
س / وضح بتجربة كيفية شحن المتسعة . مع رسم مخططاً للدائرة الكهربائية

ج /1- نربط دائرة كهربائية تتألف من بطارية وكلفانوميتر(G) ومتسعة (C) ذات الصفيحتين المتوازيتين (A , B) ومقاومة ثابتة (R) ومفتاح مزدوج (K) ومصباحين (L_1 , L_2) واسلاك توصيل وكما في الشكل ادناه .

2 - نجعل المفتاح المزدوج (K) في الموقع (1) .

3 - نلاحظ انحراف مؤشر الكلفانوميتر(G) لحظيا على احد جانبي صفر التدريجة مثلاً (نحو اليمين) ثم يعود بسرعة الى الصفر ونلاحظ في الوقت نفسه توهج المصباح L_1 بضوء ساطع لبرهة من الزمن ثم ينطفئ وكأن البطارية غير مربوطة في الدائرة .

4- وبما ان صفيحتي المتسعة معزولتين عن بعضهما فالالكترونات تتراكم على الصفيحة B المربوطة بالقطب السالب للبطارية فسوف تنشحن بالشحنة السالبة Q – بينما تنشحن الصفيحة A المربوطة بالقطب الموجب بالشحنة الموجبة Q+ وبالمقدار نفسه بطريقة الحث .



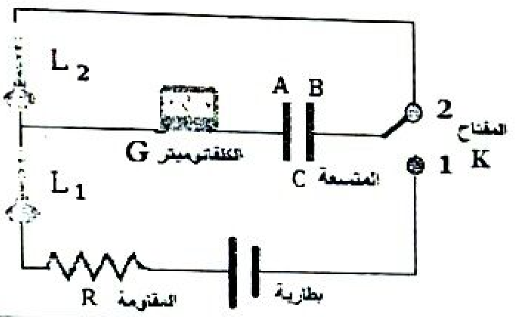
س / وضح بتجربة كيفية تفريغ المتسعة . مع رسم مخططاً للدائرة الكهربائية ؟

ج /1- نربط دائرة كهربائية تتألف من بطارية وكلفانوميتر(G) ومتسعة (C) ذات الصفيحتين المتوازيتين (A , B) ومقاومة ثابتة (R) ومفتاح مزدوج (K) ومصباحين (L_1 , L_2) واسلاك تو ل وكما في الشكل ادناه .

2 - نجعل المفتاح المزدوج (K) في الموقع (2) .

3 - نلاحظ انحراف مؤشر الكلفانوميتر (G) لحظيا الى الجانب الاخر من صفر التدريجة (نحو اليسار) ثم يعود بسرعة الى الصفر ونلاحظ في الوقت نفسه توهج المصباح L_2 بضوء ساطع لبرهة من الزمن ثم ينطفئ .

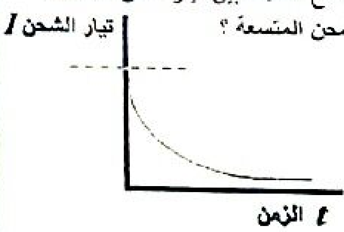
4 - نستنتج ان تياراً لحظياً قد انساب في الدائرة الكهربائية يسمى تيارالتفريغ ويتوقف هذا التيار (يساوي صفر)عندما لايتوافر فرق في الجهد بين صفيحتي المتسعة ($V_{AB} = 0\ V$) .



س / أرسم مخطط بياني يوضح العلاقة بين تيار شحن المتسعة والزمن المستغرق لشحن المتسعة ؟

ج/ يبدأ تيار الشحن (I) بمقدار كبير لحظة اغلاق دائرة الشحن ومقداره :

$$I = \frac{V_{battery}}{R}$$

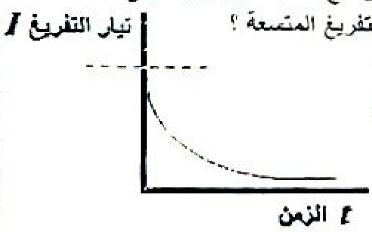


ويتناقص هذا التيار الى الصفر بسرعة عند اكتمال عملية الشحن .

س / أرسم مخطط بياني يوضح العلاقة بين تيار تفريغ المتسعة والزمن المستغرق لتفريغ المتسعة ؟

ج/ يبدأ تيار التفريغ (I) بمقدار كبير لحظة اغلاق الدائرة ومقداره :

$$I = \frac{V_{AB}}{R}$$



ويهبط هذا التيار الى الصفر بسرعة بعد اتمام عملية التفريغ .

س / تعتبر عملية شحن المتسعة هي عملية معاكسة لعملية تفريغ المتسعة . وضح ذلك ؟

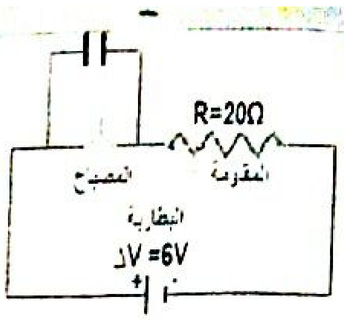
ج / عملية الشحن : انتقال الطاقة الكهربائية من المصدر الى المتسعة وتختزن بين صفيحتي المتسعة . (وتعتبر المتسعة حمل)

عملية التفريغ : انتقال الطاقة الكهربائية من المتسعة الى الحمل او المقاومة . (وتعتبر المتسعة مصدر)

مثال 8

دائرة كهربائية متوالية الربط تحتوي على مصباح كهربائي مقاومته ($r = 10\ \Omega$) ومقاومة مقدارها ($R = 20\ \Omega$) وبطارية مقدار فرق الجهد بين قطبيها ($V = 6\ v$) ربطت في الدائرة متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين سعتها ($5\ \mu F$) ما مقدار الشحنة المختزنة في اي من صفيحتي المتسعة و الطاقة الكهربائية المختزنة في مجالها ... باني لو ربطت المتسعة : 1- على التوازي مع المصباح ؟ 2- على التوالي مع المصباح والمقاومة والبطارية في الد ... ة نفسها (بعد فصل المتسعة عن الدائرة الاولى وافراغها ... شحنتها) ؟

$$I = \frac{V}{r+R} = \frac{6}{10+20} = \frac{6}{30} = 0.2\ A$$



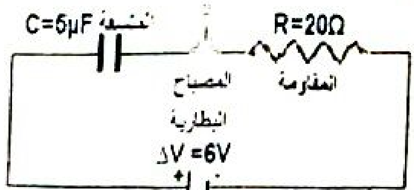
فرق الجهد على طرفي المصباح $V = I \times r = 0.2 \times 10 = 2\ v$

بما ان الربط توازي فأن فرق الجهد بين طرفي المصباح يساوي فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة ويساوي ($V = 2\ v$) :

$$Q = C \times V = 5 \times 10^{-6} \times 2 = 10 \times 10^{-6}\ \text{Coulom}$$

$$PE_{electric} = \frac{1}{2}\ C \times V^2 = \frac{1}{2}(5 \times 10^{-6})(2)^2 = 10 \times 10^{-6}\ J$$

في الحالة الثانية : بما ان المتسعة مربوطة على التوالي في دائرة التيار المستمر فانها تقطع التيار في الدائرة ($I = 0$) بعد ان تنشحن بكامل شحنتها (تعمل عمل مفتاح مفتوح) فيكون فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة يساوي فرق جهد بين طرفي البطارية ويساوي ($V = 6\ v$) :



$$Q = C \times V = 5 \times 10^{-6} \times 6 = 30 \times 10^{-6}\ \text{Coulom}$$

$$PE_{electric} = \frac{1}{2}\ C \times V^2 = \frac{1}{2}(5 \times 10^{-6})(6)^2 = 90 \times 10^{-6}\ J$$

جدول يوضح مكوناتها ومميزات واستعمالات بعض انواع المتسعات

نوع المتسعة	المتسعة ذات الورق المشمع	المتسعة متغيرة السعة ذات الصفائح الدوارة	المتسعة الالكتروليتية
مكوناتها	تتألف من شريطين طويلين من ورق الالمنيوم يفصلان بورق مشمع ويلفان بشكل لفافة توضع داخل اسطوانة من المعدن او يغمران في منصهر الشمع	تتألف من مجموعتين من الصفائح بشكل انصاف اقراص احدى المجموعتين ثابتة والأخرى يمكنها الدوران حول محور ثابت .	تتألف من صفيحتين احدهما من الالمنيوم والأخرى عجينة الكترولتية وتتولد المادة العازلة نتيجة التفاعل الكيميائي بين الالمنيوم والالكتروليت وتلف الصفائح بشكل اسطواني .
مميزاتها	1- صغر حجمها . 2- كبر مساحتها .	1- متغيرة السعة . 2- يفصل بين كل صفيحتين الهواء كعازل كهربائي .	1- تتحمل فرق جهد كهربائي عالي 2 توضع علامة على طرفيها للدلالة على قطبيتها وربطها بقطبيةصحيحة
استعمالاتها	تستعمل في الاجهزة الكهربائية والالكترونية .	تستعمل في دائرة التنغيم في اللاسلكي والمذياع .	تستعمل في الاجهزة الكهربائية والالكترونية .

س/ أذكر بعض التطبيقات العملية للمتسعة مع توضيح الفائدة العملية من إستعمال المتسعة في كل تطبيق ؟

التـــطبيـــق	الفــائـــــدة الـعملـــــــية
1- المتسعة الموضوعة في منظومة المصباح الومضي في آلة التصوير	تجهز المصباح بطاقة تكفي لتوهجه بصورة مفاجئة بضوء ساطع في اثناء تفريغ المتسعة من شحنتها
2- المتسعة الموضوعة في اللاقطة الصوتية	تحول الذبذبات الميكانيكية الى ذبذبات كهربائية حيث تكون احدى صفيحتيها صلبة ثابتة والاخرى مرنة حرة الحركة والصفيحتان تكونان عند فرق جهدٍ كهربائي ثابت .
3- المتسعة الموضوعة في جهاز تحفيز وتنظيم حركة عضلات القلب	تحفز قلب المريض وتعيد انتظام عمله ليصبح قادراً على ضخ الدم اثناء تفريغ المتسعة المشحونة طاقتها المختزنة التي تتراوح (360 J - 10 J) في جسم المريض بفترة زمنية قصيرة جداً .
4- المتسعة الموضوعة في لوحة مفاتيح الحاسوب	يثبت كل مفتاح (كل حرف في لوحة المفاتيح) بصفيحة متحركة تمثل احدى صفيحتي المتسعة والصفيحة الاخرى مثبتة في قاعدة المفتاح وعند الضغط على المفتاح يقل البعد بين صفيحتي المتسعة فتزداد سعتها فيجعل الدوائر الالكترونية الخارجية تتعرف على المفتاح الذي تم ضغطه .
5- المتسعة الموضوعة في شاشات اللمس في جهاز الهاتف النقال	توضع في شاشة اللمس المستعملة في جهاز الهاتف النقال الذي يسمى (iphone) فعند ملامسة الاصبع للشاشة تتغير سعة المتسعة في الجزء المطلوب الكشف عنه .

خلاصة الفصل الأول

المتسعة : هي جهاز لتخزين الشحنة الكهربائية والطاقة الكهربائية وتتكون من موصلين يفصل بينهما عازل ويحمل الموصلان شحنتان متساويتان بالمقدار ومختلفتان في النوع .

وتعرف السعة C لمتسعة بالنسبة بين الشحنة Q في أي من الموصلين الى فرق الجهد بينهما V وتقاس بالفاراد وقانونها $C = \frac{Q}{V}$

وتعتبر سعة المتسعة مقياساً لمقدار الشحنة اللازم وضعها على أي من صفيحتيها لتوليد فرق جهد كهربائي معين بينهما

والمتسعة ذات السعة الاكبر يعني انها تستوعب شحنة بمقداراكبر . وتعتمد على :

1 - المساحة السطحية المتقابلة (A) تناسب طردي ($C \propto A$) 2 - البعد بين الصفيحتين (d) تناسب عكسي ($C \propto \frac{1}{d}$)

3 - نوع الوسط العازل بين الصفيحتين المتوازيتين .

ويمكن ايجاد سعة المتسعة اذا كان الوسط بين الصفيحتين : 1- هواء او فراغ $C = \frac{\epsilon_\circ A}{d}$ 2- عازل ثابت عزله k $C_k = k\frac{\epsilon_\circ A}{d}$

والعوازل نوعين : 1 - العوازل القطبية : مثل (الماء النقي) حيث يكون التباعد بين مركزي شحنتها الموجبة والسالبة ثابتاً .

2 - العوازل غير القطبية : مثل (الزجاج والبولي ثيلين) حيث يكون التباعد بين مركزي شحنتها الموجبة والسالبة غير ثابتاً وكلا النوعين من العوازل تستطيع تغيير المجال بين لوحي متسعة اذا وضعت بين اللوحين بسبب استقطاب جزيئاته وينشأ عن هذا خفض جزئي لشدة المجال الكهربائي عن القيمة التي يكون عليها في الفراغ . ويخفضه بمقدار ثابت العزل (k) حيث يكون يساوي او اكبر من الواحد . والمواد التي يسهل أستقطابها يكون لها ثابت عزل اكبر . ويعرف ثابت العزل الكهربائي (k) بالنسبة بين سعة المتسعة بوجود العازل (C_k) الى سعة المتسعة بوجود الفراغ او الهواء (C) . قانونه $k = \frac{C_k}{C}$ ويكون خالي من الوحدات . وعند ادخال مادة عازلة قطبية أو غير القطبية بين صفيحتي متسعة :

وكانت المتسعة متصلة بالبطارية تزداد السعة وتزداد الشحنة وفرق الجهد يبقى ثابت . ونستخدم القوانين :

$C_k = k\,C$ ، $Q_k = k\,Q$ ، أثراء $\frac{Q_k}{C_k} = \frac{Q}{C}$

وكانت المتسعة منفصلة عن البطارية تزداد السعة ويقل فرق الجهد وتبقى الشحنة ثابتة . ونستخدم القوانين :

$C_k = k\,C$ ، $V_k = \frac{V}{k}$ ، أثـــراء $V_k\,C_k = V\,C$

اما السعة الكلية لمجموعة من المتسعات تعتمد على طريقة ربطها :

تكون السعة الكلية (كبيرة المقدار) عندما تكون المتسعات متوازية الربط

ربط التوازي

$$V_{total} = V_1 = V_2 = V_3$$

$$Q_{total} = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3$$

تكون السعة الكلية (صغيرة المقدار) عندما تكون المتسعات متوالية الربط

ربط التوالي

$$Q_{total} = Q_1 = Q_2 = Q_3$$

$$V_{total} = V_1 + V_2 + V_3$$

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

والطاقة المختزنة في المجال الكهربائي للمتسعة : هي الشغل اللازم لنقل كمية من الشحنات الكهربائية من موقع الى اخر ويتخزن هذا الشغل بشكل طاقة كامنة كهربائية . وتقاس بالجول

$$E_{electric} = \frac{1}{2}\ V \times Q$$

$$PE_{electric} = \frac{1}{2} \times \frac{Q^2}{C}$$

$$PE_{electric} = \frac{1}{2}\ C \times V^2$$

وتصنع بأشكال وانواع واحجام مختلفة حسب تطبيقاتها العملية . فمنها ثابتة السعة ومنها متغيرة السعة .

ومن أنواعها : 1 - المتسعة ذات الورق المشمع . 2 - المتسعة متغيرة السعة ذات الصفائح الدّوارة . 3 - المتسعة الالكتروليتية .

و من التطبيقات العملية للمتسعة (أستخداماتها) : 1 - في منظومة المصباح الومضي في آلة التصوير . 2 - في اللاقطة الصوتية . 3 - في جهاز تحفيز تنظيم حركة عضلات القلب . 4 - في لوحة مفاتيح الحاسوب . 5 - في شاشات اللمس في جهاز الهاتف النقال .

حل أسئلة الفصل الأول

1 أختر العبارة الصحيحة لكل من العبارات الآتية :

1- متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين مشحونة ومفصولة عن البطارية ، الهواء يملأ الحيز بين صفيحتيها ، ادخلت مادة عازلة ثابت عزلها ($k = 2$) ملأت الحيز بين الصفيحتين فان مقدار المجال الكهربائي (E_k) بين صفيحتيها بوجود المادة العازلة مقارنة مع مقداره (E) في الهواء يصير :

(a) $E/4$ (b) $2E$ (c) E (d) $E/2$ ✓

توضيح $E_k = \frac{E}{k} = \frac{E}{2}$

2 - وحدة (Farad) تستعمل لقياس سعة المتسعة وهي لاتكافئ احدى الوحدات التالية :

(a) $Coulomb^2 / J$ (b) $Coulomb / V$
(c) $Coulomb \times V^2$ ✓ (d) J / V^2

3- متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين سعتها C قربت صفيحتيها من بعضهما حتى صار البعد بينها ($\frac{1}{3}$) ما كان فان مقدار سعتها الجديدة يساوي :

(a) $\frac{1}{3}C$ (b) $\frac{1}{9}C$ (c) $3C$ ✓ (d) $9C$

توضيح $\frac{C_1}{C_2} = \frac{d_2}{d_1} \longrightarrow \frac{C}{C_2} = \frac{\frac{1}{3}d_1}{d_1} \longrightarrow C_2 = 3C$

4- متسعة مقدار سعتها ($20\ \mu F$) لكي تختزن طاقة في مجالها الكهربائي مقدارها ($2.5\ J$) يتطلب ربطها بمصدر فرق جهده مستمر يساوي :

(a) $150\ V$ (b) $350\ V$ (c) $500\ V$ ✓ (d) $250\ kV$

5- متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين سعتها ($50\ \mu F$) الهواء عازلا بين صفيحتيها اذا ازدادت سعتها بمقدار ($60\ \mu F$) فان ثابت عزل تلك المادة يساوي :

(a) 0.45 (b) 0.55 (c) 1.1 (d) 2.2 ✓

توضيح $k = \frac{C_k}{C} = \frac{110}{50} = 2.2$

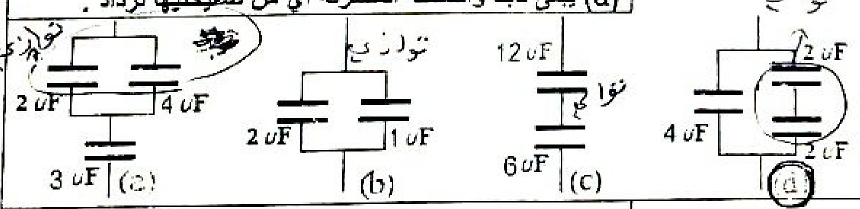
6 وانت في المختبر تحتاج لمتسعة سعتها $10\ \mu F$ والمتوفر لديك مجموعة من المتسعات المتماثلة من ذوات السعة $15\ \mu F$ فان عدد المتسعات التي تحتاجها وطريقة الربط التي تختارها هي :

(a) العدد 4 تربط جميعها على التوالي .
(b) العدد 6 تربط جميعها على التوازي .
(c) العدد 3 اثنان منها تربط على التوالي ومجموعتهما تربطها مع الثالثة على التوازي .
(d) ✓ العدد 3 اثنان منها تربط على التوازي ومجموعتهما تربطها مع الثالثة على التوالي .

7 متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين ربطت صفيحتيها بين قطبي بطارية تجهز فرق جهد ثابت فأذا ابعدت الصفيحتان عن بعضهما قليلاً مع بقاء البطارية موصولة بهما فان مقدار المجال الكهربائي بين الصفيحتين :

(a) يزداد والشحنة المختزنة في اي من صفيحتيها تزداد .
(b) ✓ يقل والشحنة المختزنة في اي من صفيحتيها تقل .
(c) يبقى ثابتاً والشحنة المختزنة في اي من صفيحتيها تبقى ثابتة
(d) يبقى ثابتاً والشحنة المختزنة اي من صفيحتيها تزداد .

8 - للحصول على اكبر مقدار سعة مكافئة لمجموعة المتسعات نختار الدائرة المربوطة في الشكل :



توضيح $\frac{1}{C_{eq\,1}} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} = C_{eq\,1} = 1$

$C_{eq} = C_{eq\,1} + 4 = 1 + 4 = 5\ \mu F$

9 - متسعتان (C_1 , C_2) ربطتا مع بعضهما على التوالي ومجموعتهما ربطت عبر قطبي بطارية وكان مقدار سعة الاولى اكبر من مقدار سعة الثانية وعند مقارنة فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة الاولى (V_1) مع فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة الثانية (V_2) نجد ان :

(a) V_1 اكبر من V_2
(b) ✓ V_1 اصغر من V_2
(c) V_1 يساوي V_2
(d) كل الاحتمالات السابقة يعتمد ذلك على شحنة كل منهما

10 - ثلاث متسعات (C_1 , C_2 , C_3) مربوطة مع بعضها على التوازي ومجموعتها ربطت بين قطبي بطارية كان مقدار سعاتها ($C_1 > C_2 > C_3$) وعند مقارنة مقدار الشحنات (Q_1, Q_2, Q_3) المختزنة في اي من صفيحتي كل متسعة نجد ان :

(a) $Q_3 > Q_2 > Q_1$ (b) $Q_1 > Q_3 > Q_2$
(c) ✓ $Q_3 < Q_2 < Q_1$ (d) $Q_3 = Q_2 = Q_1$

2 عند مضاعفة مقدار فرق الجهد الكهربائي بين صفيحتي متسعة ذات سعة ثابتة وضح ماذا يحصل لكل من :
(a) الشحنة المختزنة (Q) في اي من صفيحتيها ؟ (b) الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتيها .

ج / (a) تتضاعف الشحنة المختزنة في اي من صفيحتيها عند مضاعفة مقدار فرق الجهد . (تناسب طردي $Q = C \times V$)

(b) تصبح أربع أمثال ما كانت عليه (الطاقة تتناسب طردي مع مربع فرق الجهد حسب العلاقة) $PE = \frac{1}{2} C \times V^2$

توضيح : $\frac{PE_1}{PE_2} = \frac{V_1^2}{V_2^2} \Longrightarrow \frac{PE_1}{PE_2} = \frac{V_1^2}{(2V_1)^2} = \frac{V_1^2}{4V_1^2} = \frac{1}{4} \Longrightarrow PE_2 = 4\,PE_1$

---

3 متسعة مشحونة فرق الجهد بين صفيحتيها عالي جدا (وهي مفصولة عن مصدر الفولطية) تكون مس هذه المتسعة ولمدة زمنية طويلة خطرة عند لمس صفيحتيها باليد مباشرة ما تفسيرك لذلك ؟ اذكر الاجراء اللازم اتخاذه كي تتمكن من لمس هذه المتسعة بيدك مباشرة و بامان .

ج / خطورتها تكمن في ان مقدار الشحنة المختزنة في اي من صفيحتيها كبير جداً لان فرق جهدها كبير جداً ($Q = C \times V$)
وعند لمس صفيحتيها بوساطة اليد (الكف) مباشرة تتفرغ المتسعة من شحنتها حيث تعد اليد موصلة بين الصفيحتين .

الأجراء اللازم : لكي نلمس المتسعة باليد وبامان يجب تفريغها من شحنتها بوساطة سلك من مادة موصلة مقبضه عازل يوصل بين صفيحتيها او نستعمل المفرغ الكهربائي او انمك .

---

4 متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين (الهواء عازل بين صفيحتيها) وضح كيف يتغير مقدار سعتها بتغير كل من العوامل الآتية (مع ذكر العلاقة الرياضية التي تستند عليها في جوابك) :
(a) المساحة السطحية للصفيحتين . (b) البعد بين الصفيحتين . (c) نوع الوسط العازل بين الصفيحتين .

ج / على وفق العلاقة : $C = \frac{\epsilon_\circ A}{d}$ (a) تزداد سعة المتسعة بازدياد المساحة السطحية (A) لان السعة تتناسب طرديا مع المساحة ($C \propto A$) . (بثبوت الوسط العازل والبعد بين الصفيحتين) .

(b) تقل سعة المتسعة بازدياد البعد (d) بين الصفيحتين لان السعة تتناسب عكسيا مع البعد ($C \propto \frac{1}{d}$) . (بثبوت الوسط العازل والمساحة السطحية) .

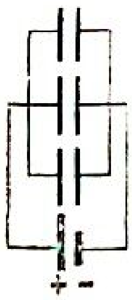
(c) على وفق العلاقة : اذ تكون ($C_k = k\,C$) ، تزداد سعة المتسعة بأدخال مادة عازلة كهربائياً بين صفيحتيها . (بثبوت والمساحة السطحية والبعد بين الصفيحتين) .

---

5 ارسم مخططا لدائرة كهربائية (مع التأشير على أجزائها) توضح فيها :
(a) عملية شحن المتسعة . (b) عملية تفريغ المتسعة من شحنتها . الجواب / صفحة (8)

---

6 لديك ثلاث متسعات متماثلة سعة كل منهما C ومصدرا للفولطية المستمرة فرق الجهد بين قطبيه ثابت المقدار .ارسم مخططا لدائرة كهربائية تبين فيه الطريقةالمناسبة لربط المتسعات الثلاث جميعها في الدائرة للحصول على اكبر مقدار للطاقة الكهربائية يمكن خزنه في المجموعة ، ثم اثبت ان الترتيب الذي تختاره هو الافضل .



ج / تربط المتسعات الثلاث على التوازي مع بعضها بين قطبي البطارية فتزداد السعة المكافئة للمجموعة .

$C_{eq} = C + C + C = 3C$

وبما ان الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي للمتسعة الواحدة تعطى بالعلاقة : ($PE = \frac{1}{2} C \times V^2$)

وبما ان الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي للمتسعة المكافئة تعطى بالعلاقة : ($PE_{total} = \frac{1}{2} C_{eq} \times V^2$)

$$\frac{PE_{total}}{PE} = \frac{\frac{1}{2} C_{eq} \times V^2}{\frac{1}{2} C \times V^2} = \frac{3C}{C} = 3$$

7 هل المتسعات المؤلفة للمتسعة متغيرة السعة ذات الصفائح الدوارة تكون مربوطة مع بعضها على التوالي ام على التوازي . وضح ذلك ؟

ج / على التوازي . اذ تتألف من مجموعتين من الصفائح احدهما ثابتة والأخرى يمكن تدويرها حول محور وعندما يراد شحن المتسعة تربط مجموعة الصفائح الثابتة بأحد قطبي البطارية (موجب مثلا) ومجموعة الصفائح الدوارة تربط بالقطب الأخر (السالب) . فتكون أحدى المجموعتين بجهد موجب والأخرى بجهد سالب وهذه ميزة الربط على التوازي .

8 ربطت المتسعة C_1 بين قطبي بطارية وضح ماذا يحصل ؟ لمقدار كل من فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة C_1 والشحنة المختزنة فيها لو ربطت متسعة اخرى C_2 غير مشحونة مع المتسعة C_1 (مع بقاء البطارية مربوطة في الدائرة) . وكانت طريقة الربط : اولا : على التوازي مع C_1 ؟ ثانيا : على التوالي مع C_1 ؟

ج / اولا : عند ربط المتسعة C_2 على التوازي مع C_1 مع بقاء البطارية في الدائرة ويكون فرق جهد ثابتا . $V_1 = V_2 = V_{battery}$

وتكون الشحنة المختزنة في المتسعة الاولى C_1 تبقى ثابتة ايضاً لان ($Q_1 = C_1 \times V_1$) بثبوت كل من C_1 و V_1 .

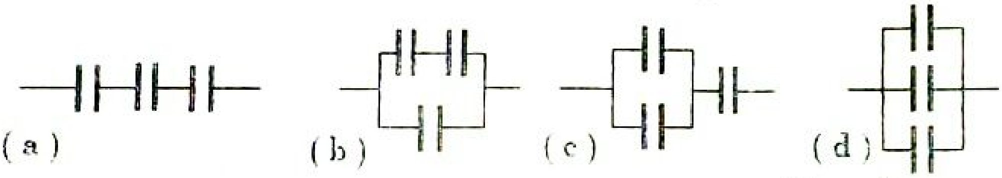
ثانياً : عند ربط المتسعة C_2 على التوالي مع C_1 مع بقاء البطارية في الدائرة يقل فرق جهد المتسعة V_1 . حيث ان :

$V_{battery} = V_1 + V_2$ (ربط توالي)

$V_1 = V_{battery} - V_2 \Longrightarrow V_1 < V_{battery}$

اما الشحنة المختزنة في المتسعة الاولى C_1 فتقل بسبب نقصان فرق جهدها . لان ($Q_1 = C_1 \times V_1$) بثبوت السعة C_1 .

9 في الشكل المتسعات الثلاث متماثلة رتب الاشكال الاربعة بالتسلسل من اكبر مقدار للسعة المكافئة للمجموعة الى اصغر مقدار :



ج/ ($d > b > c > a$) .

(d) وتساوي ($C_{eq} = 3\,C$) ثم (b) وتساوي ($C_{eq} = \frac{3}{2}\,C$) ثم (c) وتساوي ($C_{eq} = \frac{2}{3}\,C$) ثم (a) وتساوي ($C_{eq} = \frac{1}{3}\,C$)

10 (a) اذكر ثلاث تطبيقات عملية للمتسعة ووضح الفائدة العملية من استعمال تلك المتسعة في كل تطبيق ؟ ج/ صفـ(9) حـ

(b) متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين مشحونة ومفصولة عن البطارية لو ملأ الحيز بين صفيحتيها بالماء النقي بدلا من الهواء فان مقدار فرق الجهد الكهربائي بين صفيحتيها سينخفض ما تعليل ذلك ؟

ج / بما ان المتسعة مفصولة عن المصدر فان إدخال العازل يسبب نقصان مقدار المجال الكهربائي بين الصفيحتين بنسبة ثابت العزل فيقل فرق الجهد بنسبة (k) . ويكون : $E_k = \frac{E}{k}$ وبما ان المجال الكهربائي ($E = \frac{V}{d}$) وبثبوت البعد بين الصفيحتين ($V \propto E$)

يكون : $V_k = \frac{V}{k}$

(c) اذكر فائدتين عمليتين تتحقق من ادخال مادة عازلة كهربائيا تملأ الحيز بين صفيحتي متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين بدلاً من الهواء ؟

ج / 1 . زيادة سعة المتسعة . ($C_k = k\,C$) .

2 . منع الانهيار الكهربائي المبكر للعازل بين صفيحتيها عند تسليط فرق جهد كبير بين صفيحتيها .

(d) ما العامل الذي يتغير في المتسعة الموضوعة في لوحة المفاتيح في جهاز الحاسوب اثناء استعمالها ؟

ج / يتغير البعد (d) بين الصفيحتين . (عند الضغط على المفتاح يقل البعد) فتزداد سعة المتسعة وتغيير سعة المتسعة الموضوعة تحت ذلك المفتاح وعندها يحصل التعرف على الحرف المطلوب بتعيين الحرف المطلوب في اللوحة .

(e) ما مصدر الطاقة الكهربائية المجهزة للجهاز الطبي (The defibrillator) المستعمل لتوليد الصدمة الكهربائية لغرض تحفيز واعادة انتظام عمل قلب المريض ؟

ج / الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة الموضوعة في الجهاز والتي تتراوح بين (360 J - 10 J) .

(f) ما التفسير الفيزيائي لكل من : (1) ازدياد مقدار السعة المكافئة لمجموعة المتسعات المربوطة على التوازي ؟

(2) نقصان مقدار السعة المكافئة لمجموعة المتسعات المربوطة على التوالي ؟

ج / (1) بسبب ازدياد المساحة السطحية للمتسعة المكافئة للتوازي ($C \propto A$) وعلى وفق العلاقة :

(2) بسبب البعد بين الصفيحتين للمتسعة المكافئة للتوالي ($C \propto \frac{1}{d}$) وعلى وفق العلاقة :

$$C = \frac{\epsilon A}{d}$$

11 علل ما يلي :- (a) المتسعة الموضوعة في دائرة التيار المستمر تعد مفتاحاً مفتوحاً ؟

(b) يقل مقدار المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة عند ادخال مادة عازلة بين صفيحتيها ؟

(c) يحدد مقدار اقصى فرق جهد كهربائي يمكن ان تعمل عنده المتسعة ؟ الجواب / صفحة (4)

ج / (a) لان المتسعة عندما تشحن بكامل شحنتها يكون جهد كل صفيحة منها مساويا لجهد القطب المتصل بالبطارية وهذا يعني ان فرق جهد البطارية يساوي فرق جهد المتسعة وهذا يجعل فرق الجهد بين طرفي المقاومة في الدائرة يساوي صفراً ، وعندئذ يكون التيار في الدائرة يساوي صفراً .

ج / (b) بسبب تولد مجال كهربائي داخل العازل (E_d) يعاكس بالاتجاه المجال الكهربائي بين صفيحتين المتسعة (E) .

فيكون المجال المحصل ($\vec{E_k} = \vec{E} - \vec{E_d}$) فيقل بنسبة ثابت العزل للمادة k . ($E_k = \frac{E}{k}$) .

12 متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين الهواء عازل بين صفيحتيها شحنت بوساطة بطارية ثم فصلت عنها وعندما ادخل لوح عازل كهربائي ثابت عزله ($k = 2$) بين صفيحتيها ماذا يحصل لكل من الكميات الاتية للمتسعة (مع ذكر السبب):

(a) الشحنة المختزنة في اي من صفيحتيها ؟ ج / ثابتة لان المتسعة مفصولة عن البطارية .

(b) سعتها ؟ ج / تتضاعف لان ($C_k = k\,C \Longrightarrow C_k = 2\,C$)

(c) فرق الجهد بين صفيحتيها ؟ ج / يقل ويصبح نصف ما كان عليه لان ($V_k = \frac{V}{k} \Longrightarrow V_k = \frac{1}{2}\,V$)

(d) المجال الكهربائي بين صفيحتيها ؟ ج / يقل الى النصف لان فرق الجهد يقل الى النصف ($E_k = \frac{E}{k} \Longrightarrow E_k = \frac{1}{2}\,E$)

(e) الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتيها ؟ ج / تقل الى النصف لان فرق الجهد يقل الى النصف $PE = \frac{1}{2}\,V \times Q$

$$\frac{PE}{PE_k} = \frac{V}{V_k} \Longrightarrow \frac{PE}{PE_k} = \frac{V}{\frac{1}{2}V} \Longrightarrow PE_k = \frac{1}{2}\,PE$$

13 متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين الهواء عازلاً بين صفيحتيها ربطت بين قطبي بطارية وعندما ادخل عازل كهربائي بين صفيحتيها ثابت عزله $k = 6$ والمتسعة ما زالت موصولة بالبطارية ماذا يحصل لكل من الكميات الاتية للمتسعة مع ذكر السبب

(a) فرق الجهد بين صفيحتيها ؟ ج / يبقى ثابتاً ويساوي فرق جهد البطارية لان المتسعة موصولة بالبطارية .

(b) سعتها ؟ ج / تزداد وتصبح ستة اضعاف ما كانت عليه ($C_k = k\,C \Longrightarrow C_k = 6\,C$)

(c) الشحنة المختزنة في اي من صفيحتيها ؟ ج / تزداد وتصبح ستة اضعاف ما كانت عليه ($Q_k = k\,Q \Longrightarrow Q_k = 6\,Q$)

(d) المجال الكهربائي بين صفيحتيها ؟ ج / ثابت لان فرق الجهد ثابت

(e) الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتيها ؟ ج / تزداد وتصبح ستة اضعاف ما كانت عليها لان الشحنة تصبح ستة اضعاف

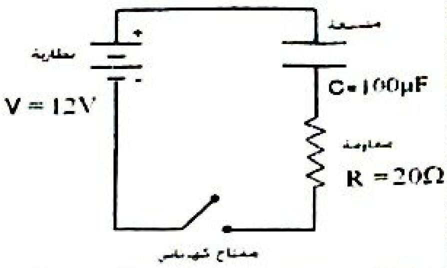
$$PE = \frac{1}{2}\,V \times Q$$

$$\frac{PE}{PE_k} = \frac{Q}{Q_k} \Longrightarrow \frac{PE}{PE_k} = \frac{Q}{6\,Q} \Longrightarrow PE_k = 6\,PE$$

حل مسائل الفصل الاول

1

من المعلومات الموضحة في الدائرة الكهربائية اثناء احسب :(a) المقدار الاعظم لتيار الشحن لحظة اغلاق المفتاح .
(b) مقدار فرق الجهد بين صفيحتي المتسعة بعد مدة من اغلاق المفتاح (بعد اكتمال عملية الشحن) .
(c) الشحنة المختزنة في أي من صفيحتي المتسعة . (d) الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة .



(a) $I = \frac{V_{battery}}{R} = \frac{12}{20} = 0.6\ A$

(b) $V = V_{battery} = 12\ V$ للمتسعة (تعمل عمل مفتاح مفتوح $I = 0$)

(c) $Q = C \times V = 100 \times 10^{-6} \times 12 = 12 \times 10^{-4}$ Coulomb

(d) $PE = \frac{1}{2} V \times Q = \frac{1}{2} \times 12 \times 12 \times 10^{-4} = 72 \times 10^{-4}\ J$

2

متسعة ذات الصفيحتين المتوازيتين سعتها (4 μF) ربطت بين قطبي بطارية فرق الجهد بين قطبيها (20 v)
1- ما مقدار الشحنة المختزنة في اي من صفيحتي المتسعة ؟
2- اذا فصلت المتسعة عن البطارية وادخل لوح عازل كهربائي بين صفيحتيها هبط فرق الجهد بين صفيحتيها الى (10 v)
فما مقدار ثابت العزل للوح العازل ؟ وما مقدار سعة المتسعة في حالة العازل بين صفيحتيها ؟

الحل /

1- $Q = C \times V = 20 \times 4 = 80\ \mu$ Coulomb

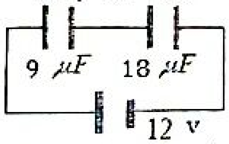
2- $V_k = \frac{V}{k} \Longrightarrow k = \frac{V}{V_k} = \frac{20}{10} = 2 \Longrightarrow$ $C_k = k\,C = 2 \times 4 = 8\ \mu F$ (واجب حل اخر)

3

متسعتان ($C_1 = 9\ \mu F$ ، $C_2 = 18\ \mu F$) من ذوات الصفيحتين المتوازية مربوطتان مع بعضهما على التوالي ربطت مجموعتهما مع نضيدة فرق الجهد الكهربائي بين قطبيها (12 v)
(a) احسب مقدار فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة و الطاقة المختزنة فيها ؟
(b) ادخل لوح عازل كهربائي ثابت عزله (4) بين صفيحتي المتسعة C_1 (مع بقاء البطارية مربوطة بين طرفي المجموعة)
فما مقدار فرق الجهد بين صفيحتي كل متسعة و الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتيها بعد ادخال العازل ؟

الحل /

(a) قبل ادخال العازل



$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{9} + \frac{1}{18} = \frac{3}{18} = \frac{1}{6}$

$C_{eq} = 6\ \mu F$ السعة المكافئة

$Q_{total} = C_{eq} \times V_{total} = 6 \times 12 = 72\ \mu$ Coulom

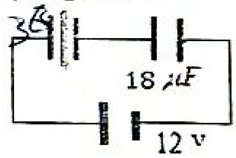
$Q_{total} = Q_1 = Q_2 = 72\ \mu$ Coulom وبما ان الربط توالي

$V_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{72}{9} = 8\ v$ $\quad V_2 = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{72}{18} = 4\ v$

$PE_1 = \frac{1}{2} V_1 \times Q_1 = \frac{1}{2} \times 8 \times 72 = 288 \times 10^{-6}\ J$

$PE_2 = \frac{1}{2} V_2 \times Q_2 = \frac{1}{2} \times 4 \times 72 = 144 \times 10^{-6}\ J$

(b) بعد ادخال العازل



$C_{k1} = k\,C_1 = 4 \times 9 = 36\ \mu F$

$\frac{1}{C_{k\,eq}} = \frac{1}{C_{k1}} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{36} + \frac{1}{18} = \frac{3}{36} = \frac{1}{12}$ $\quad C_{k\,eq} = 12\ \mu F$

$Q_{k(total)} = C_{k\,eq} \times V_{total} = 12 \times 12 = 144\ \mu$ Coulom

$Q_{k(total)} = Q_1 = Q_2 = 144\ \mu$ Coulom وبما ان الربط توالي

$V_{k1} = \frac{Q_1}{C_{k1}} = \frac{144}{36} = 4\ v$ $\quad V_2 = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{144}{18} = 8\ v$

$PE_1 = \frac{1}{2} V_{k1} \times Q_1 = \frac{1}{2} \times 4 \times 144 = 288 \times 10^{-6}\ J$

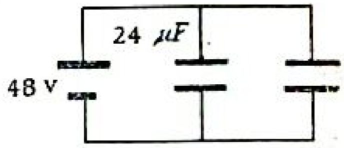
$PE_2 = \frac{1}{2} V_2 \times Q_2 = \frac{1}{2} \times 8 \times 144 = 576 \times 10^{-6}\ J$

4 متسعتان من ذوات الصفيحتين المتوازيتين ($C_1 = 16\ \mu F$ ، $C_2 = 24\ \mu F$) مربوطتان مع بعضهما على التوازي ومجموعتهما ربطت بين قطبي بطارية فرق الجهد الكهربائي بين قطبيها (48 v) اذا ادخل لوح من مادة عازلة ثابت عزلها (k) بين صفيحتي المتسعة الاولى وما زالت المجموعة متصلة بالبطارية فكانت الشحنة الكلية للمجموعة ($3456\ \mu$ Coulom)

ما مقدار : (a) ثابت العزل (k) ؟

(b) الشحنة المختزنة في اي من صفيحتي كل متسعة قبل وبعد إدخال المادة العازلة ؟

الحل /

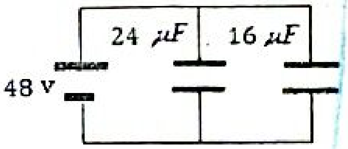


(a) $C_{keq} = \dfrac{Q_k}{V_k} = \dfrac{3456}{48} = 72\ \mu F$ بعد ادخال العازل فرق الجهود يبقى ثابت

$C_{keq} = C_{k1} + C_2$ (ربط توازي)

$72 = C_{k1} + 24$ $\quad C_{k1} = 48\ \mu F$ السعة الاولى بعد ادخال العازل

$k = \dfrac{C_k}{C} = \dfrac{48}{16} = 3$



(b) $Q_1 = C_1 \times V = 16 \times 48 = 768\ \mu$ Coulom قبل ادخال العازل

$Q_2 = C_2 \times V = 24 \times 48 = 1152\ \mu$ Coulom

$Q_{k1} = C_{k1} \times V = 48 \times 48 = 2304\ \mu$ Coulom بعد ادخال العازل

$Q_2 = C_2 \times V = 24 \times 48 = 1152\ \mu$ Coulom

---

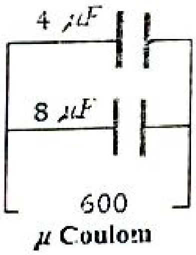
5 متسعتان ($C_1 = 4\ \mu F$ ، $C_2 = 8\ \mu F$) مربوطتان مع بعضهما على التوازي فاذا شحنت مجموعتهما بشحنة كلية ($600\ \mu$ Coulom) بوساطة مصدر للفولتية المستمرة ثم فصلت عنه .

(a) احسب لكل متسعة مقدار الشحنة المختزنة في اي من صفيحتيها و الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتيها ؟

(b) ادخل لوح من مادة عازلة كهربائيا ثابت عزلها (2) بين صفيحتي المتسعة الثانية فما مقدار الشحنة المختزنة في اي من صفيحتي كل متسعة وفرق جهد و الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي كل متسعة بعد إدخال العازل ؟

الحل /

(a) قبل ادخال العازل



$C_{eq} = C_1 + C_2 = 4 + 8 = 12\ \mu F$

$V_{total} = \dfrac{Q_{total}}{C_{eq}} = \dfrac{600}{12} = 50\ v = V_1 = V_2$ ربط توازي

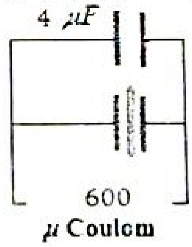
$Q_1 = C_1 \times V = 4 \times 50 = 200\ \mu$ Coulom

$Q_2 = C_2 \times V = 8 \times 50 = 400\ \mu$ Coulom

$PE_1 = \frac{1}{2} V_1 \times Q_1 = \frac{1}{2} \times 50 \times 200 = 5000 \times 10^{-6}\ J$

$PE_2 = \frac{1}{2} V_2 \times Q_2 = \frac{1}{2} \times 50 \times 400 = 10000 \times 10^{-6}\ J$

(b) بعد ادخال العازل



$C_{k2} = k\, C_2 = 2 \times 8 = 16\ \mu F$

$C_{keq} = C_1 + C_{k2} = 4 + 16 = 20\ \mu F$

$V_{total} = \dfrac{Q_{total}}{C_{keq}} = \dfrac{600}{20} = 30\ v = V_1 = V_2$ ربط توازي

$Q_1 = C_1 \times V = 4 \times 30 = 120\ \mu$ Coulom

$Q_{k2} = C_{k2} \times V = 16 \times 30 = 480\ \mu$ Coulom

$PE_1 = \frac{1}{2} V_1 \times Q_1 = \frac{1}{2} \times 30 \times 120 = 1800 \times 10^{-6}\ J$

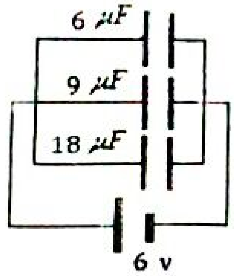
$PE_{k2} = \frac{1}{2} V_2 \times Q_{k2} = \frac{1}{2} \times 30 \times 480 = 7200 \times 10^{-6}\ J$

6) لديك ثلاث متسعات سعاتها ($C_1 = 6\ \mu F$ ، $C_2 = 9\ \mu F$ ، $C_3 = 18\ \mu F$) ومصدر للفولتية المستمرة فرق الجهد الكهربائي بين قطبيه (6 v) وضح مع الرسم مخطط للدائرة الكهربائية كيفية ربط المتسعات الثلاث للحصول على :

a) اكبر مقدار للسعة المكافئة وما مقدار الشحنة المختزنة في اي من صفيحتي كل متسعة وما مقدار الشحنة المختزنة في المجموعة ؟

b) اصغر مقدار للسعة المكافئة وما مقدار الشحنة المختزنة في اي من صفيحتي كل متسعة وما مقدار الشحنة المختزنة في المجموعة ؟

الحل /



(a) $C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 = 6 + 9 + 18 = 33\ \mu F$ ربط توازي

$V_{total} = V_1 = V_2 = V_3 = 6\ v$ (ربط توازي)

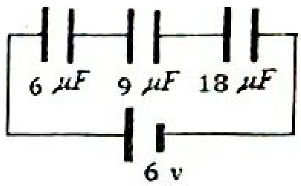
$Q_1 = C_1 \times V = 6 \times 6 = 36\ \mu$ Coulom

$Q_2 = C_2 \times V = 9 \times 6 = 54\ \mu$ Coulom

$Q_3 = C_3 \times V = 18 \times 6 = 108\ \mu$ Coulom

$Q_{total} = C_{eq} \times V_{total} = 33 \times 6 = 198\ \mu$ Coulom

حل اخر $Q_{total} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 36 + 54 + 108 = 198\ \mu$ Coulom



(b) $\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{6} + \frac{1}{9} + \frac{1}{18} = \frac{6}{18} = \frac{1}{3}$ ربط توالي

$C_{eq} = 3\ \mu F$

$Q_{total} = C_{eq} \times V_{total} = 3 \times 6 = 18\ \mu$ Coulom $= Q_1 = Q_2 = Q_3$

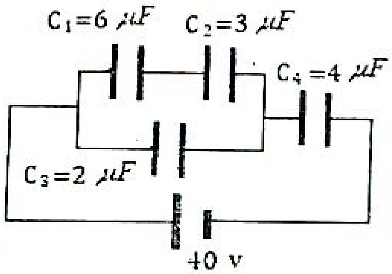
---

7) اربع متسعات ربطت مع بعضها كما في الشكل ادناه . احسب مقدار :

(a) السعة المكافئة للمجموعة ؟

(b) الشحنة المختزنة في اي من صفيحتي كل متسعة ؟

(c) الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة C_4



(a) $\frac{1}{C_{eq1}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{6} + \frac{1}{3} = \frac{3}{6} = \frac{1}{2} \Longrightarrow C_{eq1} = 2\ \mu F$

$C_{eq2} = C_{eq1} + C_3 = 2 + 2 = 4\ \mu F$

$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_{eq2}} + \frac{1}{C_4} = \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2} \Longrightarrow C_{eq} = 2\ \mu F$

(b) $Q_{total} = C_{eq} \times V_{total} = 2 \times 40 = 80\ \mu$ Coulom $= Q_{eq2} = Q_4$

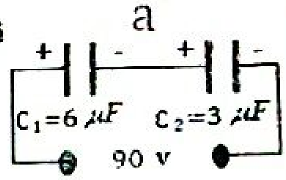
$V_{total2} = \frac{Q_{total2}}{C_{eq2}} = \frac{80}{4} = 20\ v = V_3 = V_{eq1}$

$Q_3 = C_3 \times V_3 = 2 \times 20 = 40\ \mu$ Coulom $= Q_3$

$Q_{total1} = C_{eq1} \times V_{total1} = 2 \times 20 = 40\ \mu$ Coulom $= Q_1 = Q_2$

(c) $PE_{(4)electric} = \frac{1}{2} \times \frac{Q_4^2}{C_4} = \frac{1}{2} \times \frac{(80 \times 10^{-6})^2}{4 \times 10^{-6}} = 800 \times 10^{-6}\ J$

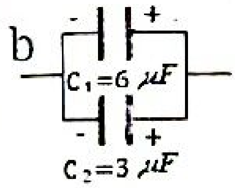
8 متسعتان ($6\ \mu F$ و $3\ \mu F$) ربطتا على التوالي مع بعضهما ثم ربطت مجموعتهما بين قطبي بطارية فرق الجهد بينهما ($90\ v$) كما في الشكل (a) فاذا فصلت المتسعتان عن بعضهما وعن البطارية دون حدوث ضياع بالطاقة ثم أعيد ربطهما مع بعض .
اولا : كما في الشكل (b) بعد ربط الصفائح المتماثلة الشحنة للمتسعتين مع بعضهما .
ثانيا : كما في الشكل (c) بعد ربط الصفائح المختلفة الشحنة للمتسعتين مع بعضهما . ما مقدار الشحنة المختزنة في اي من صفيحتي كل متسعة في الشكلين (b) و (c) ؟



$$\frac{1}{C_{eq1}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{6} + \frac{1}{3} = \frac{3}{6} = \frac{1}{2} \Longrightarrow C_{eq1} = 2\ \mu F$$ قبل الربط

ربط توالي $Q_{total} = C_{eq} \times V_{total} = 2 \times 90 = 180\ \mu$ Coulom $= Q_1 = Q_2 = Q_3$

اولا الربط في الشكل (b) (وبعد الربط تبقى الشحنة الكلية ثابتة لان البطارية مفصولة)

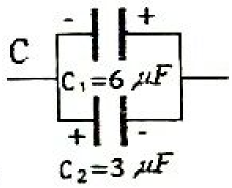


$Q_{total} = Q_1 + Q_2 = 180 + 180 = 360\ \mu$ Coulom

ربط توازي $C_{eq} = C_1 + C_2 = 6 + 3 = 9\ \mu F$ $\quad V_{total} = \frac{Q_{total}}{C_{eq}} = \frac{360}{9} = 40\ v \quad V_1 = V_2$

$Q_1 = C_1 \times V_1 = 6 \times 40 = 240\ \mu C$ ، $Q_2 = C_2 \times V_2 = 3 \times 40 = 120\ \mu C$

ثانيا الربط في الشكل (c) الصفيحة الموجبة مربوطة مع الصفيحة السالبة وتصبح الشحنة المختزنة على طرفي المتسعة الاولى والثانية تساوي صفراً ($Q_1 = Q_2 = 0$)

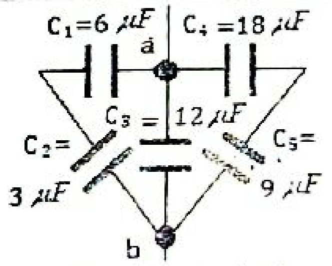


$Q_{total} = Q_1 + Q_2 = 180 - 180 = 0 \qquad V_{total} = \frac{Q_{total}}{C_{eq}} = \frac{0}{C_{eq}} = 0 \quad V_1 = V_2$

$Q_1 = C_1 \times V_1 = 6 \times 0 = 0\ \mu C$ ، $Q_2 = C_2 \times V_2 = 3 \times 0 = 0\ \mu C$

---

9 في الشكل المقابل :
1. احسب مقدار السعة المكافئة للمجموعة ؟
2. اذا سلط فرق جهد كهربائي مستمر ($20\ v$) بين النقطتين (a) و (b) فما مقدار الشحنة الكلية المختزنة في المجموعة ؟
3. ما مقدار الشحنة المختزنة كل متسعة ؟



1 : ربط توالي بين C_1 و C_2 $\quad \frac{1}{C_{eq1,2}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{6} + \frac{1}{3} = \frac{3}{6} = \frac{1}{2} \qquad C_{eq1,2} = 2\ \mu F$

ربط توالي بين C_4 و C_5 $\quad \frac{1}{C_{eq4,5}} = \frac{1}{C_4} + \frac{1}{C_5} = \frac{1}{18} + \frac{1}{9} = \frac{3}{18} = \frac{1}{6} \qquad C_{eq4,5} = 6\ \mu F$

السعة المكافئة للمجموعة $C_{eq} = C_{eq1,2} + C_3 + C_{eq4,5} = 2 + 12 + 6 = 20\ \mu F$ ربط توازي

2 : $Q_{total} = C_{eq} \times V_{total} = 20 \times 20 = 400\ \mu$ Coulom

3 : بما ان الربط توازي فتكون $V_{total} = V_{eq1,2} = V_3 = V_{eq4,5} = 20\ v$

$Q_{eq1,2} = C_{eq1,2} \times V_{eq1,2} = 2 \times 20 = 40\ \mu$ Coulom $\quad Q_1 = Q_2 = 40\ \mu$ Coulom بما ان الربط توالي

$Q_3 = C_3 \times V_3 = 12 \times 20 = 240\ \mu$ Coulom

$Q_{eq4,5} = C_{eq4,5} \times V_{eq4,5} = 6 \times 20 = 120\ \mu$ Coulom $\quad Q_4 = Q_5 = 120\ \mu$ Coulom بما ان الربط توالي

الفصل الثاني

س / ما المقصود بالحث الكهرومغناطيسي ؟

ج / هي ظاهرة تولد قوة دافعة كهربائية محتثة ($\mathcal{E}_{ind}$) على طرفي موصل موضوع في مجال مغناطيسي بسبب الحركة النسبية بين الموصل والمجال المغناطيسي مقترنة بتغير الفيض المغناطيسي الذي يخرق الموصل .

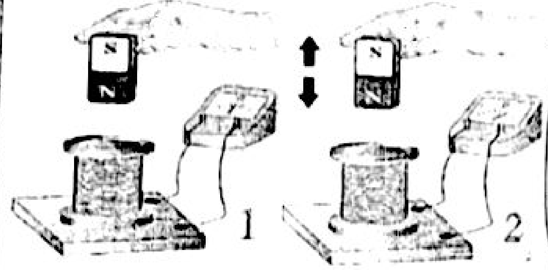
س / ما العامل الأساسي الواجب توفره للحصول على قوة دافعة كهربائية محتثة ($\mathcal{E}_{ind}$) ؟

ج/ الحركة النسبية بين الموصل والفيض المغناطيسي والذي يحدث تشويها (تغيرا) في الفيض المغناطيسي خلال وحدة الزمن .

اي بأختصار : [$\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t}$] وتقرأ : المعدل الزمني لتغير الفيض .

س / اذكر تجارب توضح فيها ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي ؟ أو كيف يمكن تحقيق تجارب فاراداي في الحث الكهرومغناطيسي ؟

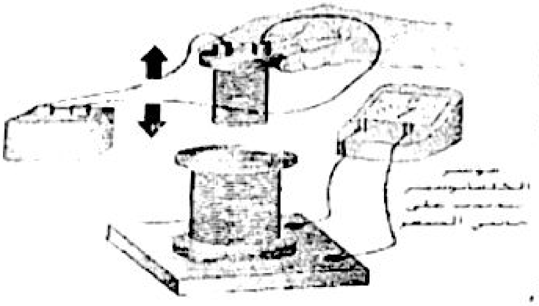
ج / الادوات المستخدمة : ملفين مجوفين (يمكن ادخال احدهما في الاخر) كلفانوميتر ، ساق مغناطيسية ، اسلاك توصيل ، بطارية ،مفتاح



اولاً : 1- نربط طرفي احد الملفين بوساطة اسلاك التوصيل مع طرفي الكلفانوميتر .

2 - نجعل الساق المغناطيسية بمواجه الملف وفي حالة سكون نسبة للملف فيبقى مؤشر الكلفانوميتر ساكناً عند الصفر تدريجه .

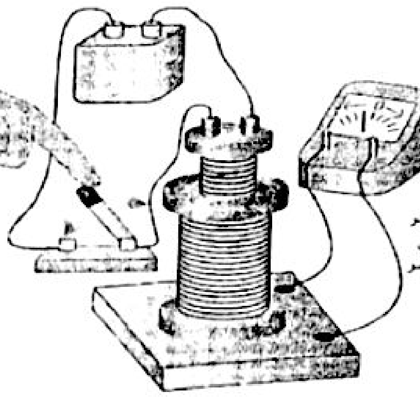
3 - ندفع الساق المغناطيسية نحو وجه الملف ثم نبعدها نلاحظ ان مؤشر الكلفانوميتر ينحرف على احد جانبي الصفر عند تقريب الساق . وينحرف باتجاه معاكس عند ابعادها مشيراً الى انسياب تيار محتث في دائرة الملف في الحالتين



ثانياً: 1- نربط طرفي احد الملفين بوساطة أسلاك التوصيل مع طرفي الكلفانوميتر (يسمى بالملف الثانوي) ونربط الملف الاخر (يسمى بالملف الابتدائي) بين قطبي البطارية بوساطة اسلاك التوصيل للحصول على مغناطيس كهربائي

2 - نحرك الملف المتصل بالبطارية (الملف الابتدائي) امام وجه الملف الثانوي المتصل بالكلفانوميتر ونبعده مرة اخرى نلاحظ ان مؤشر الكلفانوميتر ينحرف على جانبي الصفر باتجاهين متعاكسين بالتعاقب .

مشيراً الى انسياب تيار محتث في دائرة الملف الثانوي ثم عودته الى الصفر .



ثالثاً: 1- نربط طرفي احد الملفين بوساطة اسلاك التوصيل مع طرفي الكلفانوميتر (يسمى بالملف الثانوي) ونربط الملف الاخر (يسمى بالملف الابتدائي) بين قطبي البطارية للحصول على مغناطيس كهربائي ونربط معه مفتاح كهربائي ونجعله مفتوحاً .

2 - ندخل الملف الابتدائي في جوف الملف الثانوي .

ونحافظ على ثبوت احد الملفين نسبة للاخر .

3 - نغلق ونفتح المفتاح في دائرة الملف الابتدائي نلاحظ ان مؤشر الكلفانوميتر يتذبذب بأنحرافه على جانبي الصفر بأتجاهين متعاكسين فقط في لحظتي اغلاق وفتح المفتاح في دائرة الملف الابتدائي .

مشيراً الى انسياب تيار محتث في دائرة الملف الثانوي خلال تلك اللحظتين .

نستنتج من التجارب اعلاه :

1- تُستحث قوة دافعة كهربائية ($\mathcal{E}_{ind}$) وينساب تيار محتث (I_{ind}) في دائرة كهربائية مقفلة (حلقة موصلة او ملف) فقط عند حصول تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق تلك الدائرة لوحدة الزمن على (الرغم من عدم توافر بطارية في تلك الدائرة .

2 - تكون قطبية القوة الدافعة الكهربائية المحتثة ($\mathcal{E}_{ind}$) واتجاه التيار المحتث (I_{ind}) في الدائرة الكهربائية بأتجاه معين عند تزايد الفيض المغناطيسي الذي يخترقها وبأتجاه معاكس عند تناقص هذا الفيض .

3 - عند ثبوت التيار في دائرة الملف الابتدائي لا تتولد قوة دافعة كهربائية ($\mathcal{E}_{ind}$) في الملف الثانوي .

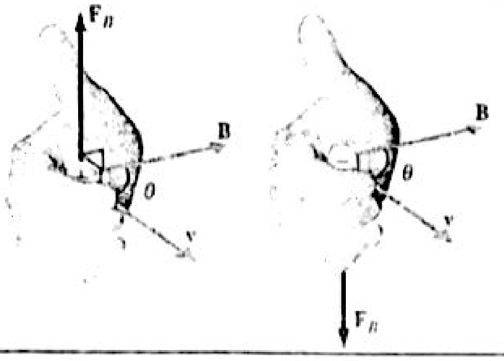
لكي نعرف سبب تولد ق.د.ك محتثة (ε_{ind}) نسأل الاسئلة الآتية :

س / ماذا يحصل لو تحرك جسيم مشحون بشحنة موجبة (q +) بصورة عمودية داخل مجال كهربائي ($\vec{E}$) منتظم ؟

ج / سوف يتأثر الجسيم المشحون بقوة كهربائية ($\vec{F_E}$) تكون موازية لخطوط المجال الكهربائي وتعطى بالعلاقة : $\vec{F_E} = q\vec{E}$

س / ماذا يحصل لو تحرك جسيم مشحون بشحنة موجبة (q +) بسرعة ($\vec{v}$) وبصورة عمودية داخل مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه ($\vec{B}$) ؟

ج / سوف يتأثر الجسيم المشحون بقوة مغناطيسية ($\vec{F_B}$) تكون عمودية على ذلك الفيض وسينحرف الجسيم عن مساره الاصلي ويتخذ مساراً دائرياً وذلك لكون القوة المغناطيسية تؤثر بأتجاه عمودي على متجه السرعة ($\vec{v}$) وتعطى بالعلاقة : $\vec{F_B} = q\vec{v}\ \vec{B}$



ملاحظة لتعين اتجاه القوة المغناطيسية ($\vec{F_B}$) نطبق قاعدة الكف اليمنى حيث تدور اصابع الكف اليمنى من اتجاه السرعة ($\vec{v}$) نحو اتجاه المجال المغناطيسي $\vec{B}$ فيشير الابهام الى اتجاه القوة المغناطيسية ($\vec{F_B}$) اذا كانت الشحنة موجبة . واذا كانت الشحنة سالبة فتكون عكس الابهام .

س / ماذا يحصل لو تحرك جسيم مشحون بشحنة موجبة (q +) بسرعة ($\vec{v}$) وبصورة مائلة داخل مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه ($\vec{B}$) ؟

ج / سوف يتأثر الجسيم المشحون بقوة مغناطيسية ($\vec{F_B}$) تكون عمودية على ذلك الفيض وسينحرف الجسيم عن مساره الاصلي ويتخذ مسارا دائريا وذلك لكون القوة المغناطيسية تؤثر بأتجاه عمودي على متجه السرعة ($\vec{v}$) وتعطى بالعلاقة : $\vec{F_B} = q\vec{v}\ \vec{B}\sin\theta$

حيث ان : θ تمثل الزاوية بين السرعة ($\vec{v}$) ومتجه كثافة الفيض المغناطيسي ($\vec{B}$)

ملاحظة إذا كان متجه السرعة $\vec{v}$ موازياً لمتجه المجال المغناطيسي $\vec{B}$ تكون الزاوية ($\theta = 0$) فيكون ($\sin 0 = 0$) فتكون ($\vec{F_B} = 0$) فلا تتولد قوة مغناطيسية

س / ماذا يحصل لو تحرك جسيم مشحون بشحنة موجبة (q +) بسرعة ($\vec{v}$) داخل مجالين كهربائي ($\vec{E}$) منتظم ومجال مغناطيسي ($\vec{B}$) منتظم في آن واحد ومتعامدان مع بعضهما ؟

ج / سوف يتأثر الجسيم المشحون بقوتين احدهما قوة كهربائية ($\vec{F_E}$) التي يؤثر فيه المجال الكهربائي ($\vec{E}$) وتساوي $\vec{F_E} = q\vec{E}$ والاخرى قوة مغناطيسية ($\vec{F_B}$) التي يؤثر فيه المجال المغناطيسي ($\vec{B}$) وتساوي $\vec{F_B} = q\vec{v}\ \vec{B}$ وبما ان القوة المغناطيسية ($\vec{F_B}$) تكون عمودية على كل من ($\vec{v}$ ، $\vec{B}$) فهي تكون عكس اتجاه القوة الكهربائية ($\vec{F_E}$) .

وان محصلة هاتين القوتين تسمى قوة لورنز وتعطى بالعلاقة التالية : $\vec{F}_{lorenz} = \vec{F_E} + \vec{F_B}$

وتستثمر هذه القوة في بعض التطبيقات العملية مثل أنبوبة الأشعة الكاثودية للتحكم في مسار الحزمة الالكترونية الساقطة على الشاشة

س / ماذا يحصل لو تحرك ساق موصلة بسرعة ($\vec{v}$) داخل مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه ($\vec{B}$) ؟

ج/ سوف تتأثر الشحنات الموجبة للساق بقوة مغناطيسية ($F_{B1} = q\,v\,B\sin\theta$) وعندما تكون حركة الساق عمودية على الفيض المغناطيسي فان القوة تصبح ($F_{B1} = q\,v\,B$) وتعمل باتجاه موازٍ لمحور الساق فتعمل هذه القوة على فصل الشحنات الموجبة عن الشحنات السالبة فتتجمع الشحنات الموجبة على احد طرفي الساق والشحنات السالبة على طرفها الاخر حسب قاعدة الكف اليمنى فيتولد فرق جهد كهربائي بين طرفي الساق وتسمى القوة الدافعة الكهربائية الحركية ($\varepsilon_{motional}$) . وينشأ مجال كهربائي ($\vec{E}$)

س / اشتق علاقة تحسب فيها ق.د.ك الحركية ($\mathcal{E}_{motional}$) في ساق موصلة ؟

ج / عند حركة ساق موصل طوله ℓ بسرعة $\vec{v}$ عمودياً على خطوط فيض مغناطيسي منتظم كثافته $\vec{B}$ فتتولد قوة مغناطيسية ($F_{B1} = q\,v\,B$) على الشحنات فينشأ مجال كهربائي E سيؤثر بدوره على الشحنات بقوة كهربائية ($F_E = qE$)

فيكون اتجاه $\overrightarrow{F_{B1}}$ عكس اتجاه $\overrightarrow{F_E}$ وتقعان في مستوي واحد وبخط فعل مشترك وعند تساوي القوتين تحصل حالة الاتزان .

اي ان :

$$F_E = F_B$$

$$qE = q\,v\,B \Longrightarrow E = v\,B$$

بما ان انحدار الجهد يساوي المجال الكهربائي $\frac{V}{\ell} = E$

$$\frac{V}{\ell} = v\,B \Longrightarrow V = v\,B\,\ell \Longrightarrow \boxed{\mathcal{E}_{motional} = v\,B\,\ell}$$

س /علام تعتمد ق.د.ك الحركية ($\mathcal{E}_{motional}$) في ساق موصلة تتحرك بصورة عمودية داخل مجال مغناطيسي ؟

ج / 1- طول الموصل (ℓ) . 2 - السرعة العمودية (v) . 3 - كثافة الفيض المغناطيسي (B) .

قد يكون بدل الساق المتحركة حلقة موصلة او ملف فعندئذ تنشأ قوة دافعة كهربائية محتثة ($\mathcal{E}_{ind}$) ووضع العالم فراداي قانوناً لها

س / ما هو قانون فراداي الحث الكهرومغناطيسي ؟ وما الصيغة الرياضية له ؟

ج / ان مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة $\mathcal{E}_{ind}$ في حلقة موصلة تتناسب طردياً مع المعدل الزمني للتغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة .

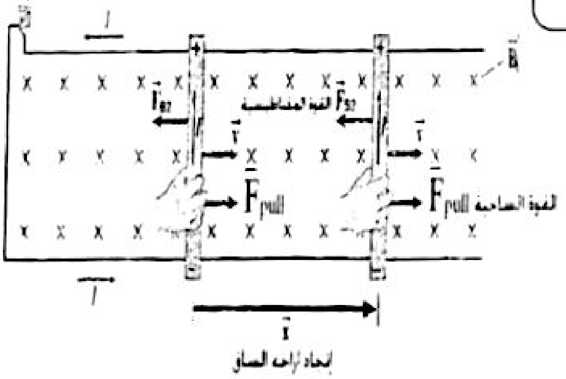
والصيغة الرياضية له : $\boxed{\mathcal{E}_{ind} = -\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t}}$ واذا كان بدل الحلقة ملف سلكي فتكون $\boxed{\mathcal{E}_{ind} = -N\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t}}$

التيار المحتث :

يتولد تيار محتث عندما يكون الموصل (ساق موصلة مثلاً) جزء من دائرة الكهربائية مقفلة فعند تحركه بصورة عمودية داخل مجال مغناطيسي منتظم تتولد على شحناته (الموجبة والسالبة) قوة مغناطيسية تساوي ($F_{B1} = q\,v\,B$) وبما ان الدائرة مقفلة فسوف

يمر تيار محتث I يعطى بالعلاقة : $I = \frac{v\,B\,\ell}{R} \Longleftarrow \boxed{I = \frac{\mathcal{E}_{motional}}{R}}$

$-\mathcal{E}_{moti...} = V$



وعندما ينساب تيار محتث في الساق وباتجاه عمودي على الفيض المغناطيسي تظهر قوة مغناطيسية F_{B2} تؤثر في هذا الساق تعطى بالعلاقة $F_{B2} = I\,\ell\,B$ وتكون عكس اتجاه السرعة $\vec{v}$ فتعمل على عرقلة حركة الساق وتسبب في تباطؤ حركته ولكي نجعل الساق تتحرك بسرعة ثابتة يجب تسليط قوة خارجية (F_{pull}) تساوي القوة المغناطيسية (F_{B2}) بالمقدار وتعاكسها بالاتجاه .

فتصبح المعادلة بالصورة التالية :

$$F_{pull} = F_{B2} = I\,\ell\,B = \frac{v\,B\,\ell}{R}\,\ell\,B = \frac{v\,B^2\,\ell^2}{R}$$

س / علام يعتمد مقدار التيار المحتث في الدائرة الكهربائية اذا كان الموصل : (a) ساق . (b) ملف .

ج / (a) 1 - سرعة الحركة النسبية للساق . 2 - كثافة الفيض المغناطيسي . 3 - طول الساق . 4 - مقاومة الدائرة .

(b) 1- سرعة الحركة النسبية بين القطب المغناطيسي والملف . 2 - عدد لفات الملف .

3 - مقدار الفيض المغناطيسي الذي يخرق الملف . 4 - النفوذية المغناطيسية لمادة جوف الملف . 5 - مقاومة الدائرة .

الحث الكهرومغناطيسي وقانون حفظ الطاقة :

عند سحب ساق موصلة بازاحة معينة وبصورة عمودية داخل مجال مغناطيسي منتظم فاننا ننجز شغلاً على الساق والطاقة المختزنة في الساق سوف تتحول الى طاقة حرارية متبددة في المقاومة عندما ينساب فيها تيار محتث . حسب قانون حفظ الطاقة

س / ما هو مبدأ حفظ الطاقة في الحث الكهرومغناطيسي ؟ أثبت ذلك ؟

ج / المعدل الزمني للشغل المنجز في تحريك موصل (ساق او ملف) خلال المجال المغناطيسي يساوي القدرة المتبددة في المقاومة الكلية لهذه الدائرة بشكل حرارة او اي نوع من انواع القدرة في الحمل .

القدرة التي اكتسبتها الدائرة بسبب تحرك الساق

$$P = \frac{Work}{time} = \frac{F_{pull} \cdot \ell}{t} = F_{pull} \cdot v = \frac{v B^2 \ell^2}{R} \cdot v = \frac{v^2 B^2 \ell^2}{R}$$

القدرة المتبددة في المقاومة الكلية على شكل حرارة

$$P_{dissipated} = I^2 R = \frac{v^2 B^2 \ell^2}{R^2} \cdot R = \frac{v^2 B^2 \ell^2}{R}$$

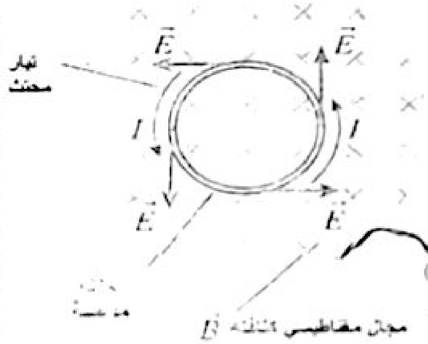
ونلاحظ ان العلاقتين متساويتان (القدرة المنجزة لتحريك الساق الموصلة = القدرة المتبددة في المقاومة) (و . هـ . م)

المجال الكهربائي المحتث :

س / ما المقصود بالمجال الكهربائي المحتث ؟ وماذا يسببه ؟

ج / هو المجال الذي يتولد نتيجة للتغيرات الحاصلة في الفيض المغناطيسي لوحدة الزمن الذي يخترق الموصل (حلقة او ساق) .

– ويعتبر العامل الاساس في نشوء التيار المحتث في الحلقة الموصلة الساكنة نسبة لمجال مغناطيسي متغير المقدار .



س / من المسؤول عن :

1 - توليد القوة الدافعة الكهربائية الحركية في الموصل المتحرك داخل مجال مغناطيسي ثابت .

2 - حركة الشحنات الكهربائية في حلقة موصلة مقفلة في حالة سكون داخل فيض مغناطيسي متزايد في المقدار كما في الشكل المقابل .

ج / 1 - القوى المغناطيسية تكون مسؤولة عن توليد القوة الدافعة الكهربائية الحركية في الموصل المتحرك داخل مجال مغناطيسي ثابت .

2 - المجال الكهربائي المحتث المتولد والذي يؤثر باتجاهات مماسية دائماً على الشحنات الكهربائية داخل الحلقة .

س / ما هي انواع المجالات الكهربائية ؟ وكيف تنشأ ؟

ج / تكون على نوعين : 1 - المجالات الكهربائية المستقرة . وتنشأ بوساطة الشحنات الكهربائية .

2 - المجالات الكهربائية غير المستقرة . وتنشأ بوساطة التغيرات الحاصلة في المجال المغناطيسي .

س / اذكر بعض التطبيقات العملية للمجالات الكهربائية المحتثة ؟

ج / 1 - السيارات المهجّنة التي تمتلك كلا المحركين ، محرك الكازولين والمحرك الكهربائي والتيارات المحتثة الناتجة في دائرتها الكهربائية تستثمر في اعادة شحن بطارية السيارة .

2 - في بعض الطائرات التي تستثمر التيارات المحتثة المتولدة في دائرتها الكهربائية على ابقاء محركها في حالة اشتغال حتى بعد عطل أي نظام كهربائي فيها .

س / اذكر بعض التطبيقات العملية لظاهرة الحث الكهرومغناطيسي ؟

ج / 1 - بطاقة الأئتمان Credit Card : عند تحريك بطاقة الأئتمان (خزن المعلومات) الممغنطة امام ملف سلكي يستحث تيار كهربائي ثم يضخم هذا التيار ويحول الى نبضات للفولطية تحتوي المعلومات .

2 - القيثار الكهربائي Electrical Gethar : اوتار القيثار الكهربائي المعدنية (فهي مصنوعة من مواد فيرومغناطيسية) تتمغنط في اثناء اهتزازها بوساطة ملفات سلكية يحتوي كل منها بداخله ساقا مغناطيسية توضع هذه الملفات في مواضع مختلفة تحت الاوتار المعدنية للقيثار الكهربائي وعندما تهتز هذه الاوتار يستحث تيار كهربائي متناوب تردده يساوي تردد الاوتار . ثم يوصل الى مضخم .

3 - الطباخ الحثي Induction stove : اذ يوضع تحت السطح العلوي للطباخ ملف سلكي ينساب فيه تيار متناوب ويحث هذا التيار مجالا مغناطيسيا متناوبا ينتشر نحو الخارج وبمرور التيار المتناوب خلال قاعدة الاناء اذا كان مصنوعا من المعدن تتولد تيارات دوامة في قاعدة الاناء وبذلك تسخن قاعدة الاناء فيغلي الماء الذي يحتويه . اما اذا كان الوعاء من الزجاج لا تتولد تيارات دوامة في قاعدته ولايسخن الماء الذي يحتويه . والمدهش في الامر انه لو لمسنا السطح العلوي للطباخ الحثي لانشعر بسخونة السطح .

ملاحظات مهمة

$$\varepsilon_{ind} = -\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} \Longrightarrow Volt = \frac{Weber}{Second}$$

1 - ان قانون الملفات يطلق عليه اسم (قانون فاراداي في الحث الكهرومغناطيسي)

2 - ان وحدة الفيض المغناطيسي (Φ_B) في النظام الدولي للوحدات هي : $Weber$ ويرمز لها (Wb)

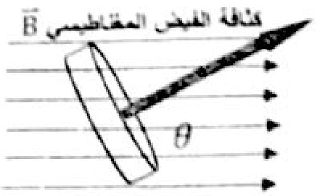
3 - ان وحدة كثافة الفيض المغناطيسي (B) في النظام الدولي للوحدات هي : $Tesla$ ويرمز لها (T)

4 - العلاقة بين الفيض وكثافة الفيض المغناطيسي تعطى بالعلاقة : $\Phi_B = B\,A\,\cos\theta$

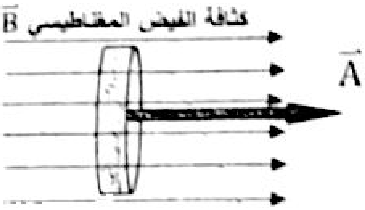
الزاوية θ : بين متجه المساحة ($\vec{A}$) ومتجه كثافة الفيض ($\vec{B}$)

5 - يمكن الحصول على فيض مغناطيسي متغير (Φ_B) بأحدى الطرق التالية :-

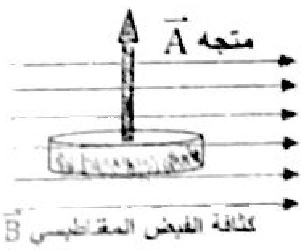
اولاً : تغيير الزاوية (θ) بين متجه المساحة ($\vec{A}$) ومتجه كثافة الفيض ($\vec{B}$).



(a) عندما تكون كثافة المجال المغناطيسي ($\vec{B}$) يخترق حلقة موصلة ومتجه مساحتها ($\vec{A}$) يصنع زاوية حادة قياسها θ مع متجه($\vec{B}$) . فيعطى الفيض المغناطيسي Φ_B بالعلاقة : $\Phi_B = B\,A\,\cos\theta$



(b) عندما تكون كثافة المجال المغناطيسي ($\vec{B}$) عمودية على مستوي الحلقة فتكون الزاوية ($\theta = 0°$) ويكون الفيض المغناطيسي الذي يخترق مساحة الحلقة باعظم مقدار . ويعطى الفيض المغناطيسي Φ_B بالعلاقة : $\Phi_B = B\,A \Longleftarrow \Phi_B = B\,A\,\cos 0°$



(c) عندما تكون كثافة المجال المغناطيسي ($\vec{B}$) بموازاة مستوي الحلقة فتكون الزاوية ($\theta = 90°$) فلا يوجد فيض مغناطيسي يخترق الحلقة ويكون الفيض المغناطيسي Φ_B بالعلاقة : $\Phi_B = 0 \Longleftarrow \Phi_B = B\,A\,\cos 90°$

ثانياً : تغيير مساحة الحلقة المواجهة للفيض المغناطيسي (Φ_B) المنتظم . ويتم ذلك :

(a) بكبس الحلقة او شدها من جانبيها المتقابلين فتقل بذلك المساحة A . كما في الشكل (1) .

(b) بازاحة الساق نحو اليمين فتتغير المساحة من ($A_0 = X_0\,L$) الى ($A = X\,L$) وتكون ($\Delta A = A - A_0$)

كما في الشكل (2) . فان التغير في الفيض المغناطيسي يعطى بالعلاقة : $\Phi_B = B\,.\,\Delta A$

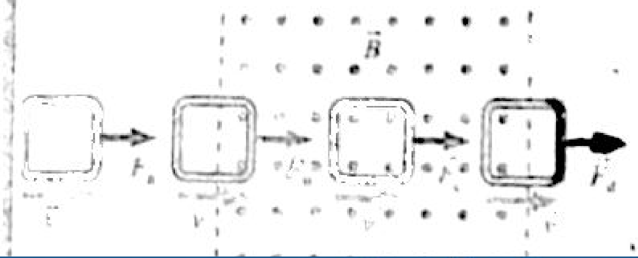


شد الحلقة (1) كبس الحلقة



(2)

ثالثاً : بتحريك الحلقة الموصلة بمستوي عمودي على فيض مغناطيسي منتظم . دفع الحلقة الى داخل مجال مغناطيسي منتظم او سحبها الى خارج هذا المجال ينتج تغيراً في الفيض المغناطيسي Φ_B الذي يخترق الحلقة لوحدة الزمن في اثناء دخول او خروج الحلقة في المجال المغناطيسي .



6 - لحساب الفيض المغناطيسي المتغير ($\Delta \Phi_B$) :-

a اذا تنامى الفيض من (0 Wb) الى (7 Wb) مثلاً فان ($\Delta \Phi_B$ موجب) $\Delta \Phi_B = \Phi_{B2} - \Phi_{B1} = 7 - 0 = 7\ Wb$

b اذا تلاشى الفيض من (7 Wb) الى (0) مثلاً فان ($\Delta \Phi_B$ سالب) $\Delta \Phi_B = \Phi_{B2} - \Phi_{B1} = 0 - 7 = -7\ Wb$

c اذا تبدل او انعكس الفيض (7 Wb) مثلاً فان ($\Delta \Phi_B$ يتضاعف) $\Delta \Phi_B = \Phi_{B2} - \Phi_{B1} = -7 - 7 = -14\ Wb$

7 - ان الاشارة السالبة في قانون فراداي يفسرها قانون يسمى (قانون لنز) .

8 - عندما يكون الموصل جزء من دائرة كهربائية مغلقة سوف يمر تيار في الدائرة يسمى (التيار المحتث) وان :-

(a) مقدار التيار المحتث يحسب من قانون اوم : (الموصل ساق) $I = \frac{\varepsilon_{motional}}{R}$ (الموصل ملف) $I = \frac{\varepsilon_{ind}}{R}$

(b) المجال المغناطيسي لهذا التيار المحتث يعاكس المسبب الذي ولده دائماً وهذه حقيقة يطلق عليها اسم (قانون لنز) .

س / اشتق الويبر بدلالة الوحدات الاساسية في النظام الدولي للوحدات ؟

ج / (و . هـ . م)
$$Weber = Volt \cdot Second = \frac{Joul}{Coulm} \cdot S = \frac{N \cdot m}{A \cdot S} \cdot S = \frac{Kg \cdot m \cdot m}{S^2 \cdot A} = \frac{Kg \cdot m^2}{S^2 \cdot A}$$

مثال 1

افرض ان ساقاً موصلة طولها (1.6 m) انزلقت على سكة موصلة بانطلاق (5 m / s) باتجاه عمودي على مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه (0.8 T) وكانت مقاومة المصباح المربوط مع السكة على التوالي (128 Ω) (اهمل المقاومة الكهربائية للساق والسكة) احسب مقدار : 1- القوة الدافعة الكهربائية المحتثة ؟
2 - التيار المحتث في الدائرة ؟ 3 - القدرة الكهربائية المجهزة للمصباح ؟

الحل /

1- $\varepsilon_{motional} = \upsilon B \ell = 5 \times 0.8 \times 1.6 = 6.4\ v$

2- $I = \frac{\varepsilon_{motional}}{R} = \frac{6.4}{128} = 0.05\ A$

3- $P_{dissipated} = I^2 R = (0.05)^2 \times 128 = 0.32\ Watt$

مثال 2

حلقة موصلة قطرها (0.4 m) وضعت داخل مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه (0.5 T) ويتجه باتجاه مواز لمتجه مساحة الحلقة . (a) احسب مقدار الفيض المغناطيسي الذي يخرق الحلقة ؟
(b) ما مقدار الفيض المغناطيسي على فرض ان الحلقة دارت باتجاه معاكس دوران عقارب الساعة لحين صار متجه المساحة ($\vec{A}$) يصنع زاوية ($\theta = 45^\circ$) مع اتجاه كثافة الفيض المغناطيسي B ؟

الحل /

(a) $A = \pi r^2 = 3.14 \times (0.2)^2 = 12.56 \times 10^{-2}\ m^2$

$\Phi_B = B A \cos\theta = B A \cos 0 = 0.5 \times 12.56 \times 10^{-2} \times 1 = 6.28 \times 10^{-2}\ Web$

(b) $\Phi_B = B A \cos\theta = B A \cos 45^\circ = 0.5 \times 12.56 \times 10^{-2} \times 0.707 = 4.44 \times 10^{-2}\ Web$

مثال 3

ملف يتالف من(50) لفة متماثلة ومساحة اللفة الواحدة (20 cm²) فاذا تغيرت كثافة الفيض المغناطيسي الذي يخرق الملف من 0 T الى (0.8 T) خلال زمن (0.4 S) احسب :(a) معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة ε_{ind} في الملف
(b) مقدار التيار المنساب في الدائرة اذا كان الملف مربوط بين طرفي كلفانوميتر والمقاومة الكلية في الدائرة (80 Ω) ؟

الحل /

(a) $\varepsilon_{ind} = -N \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} = -N \frac{A\ \Delta B}{\Delta t} = -50 \times \frac{20 \times 10^{-4}\ (0.8 - 0)}{0.4} = -0.2\ v$

الاشارة السالبة تدل على ان ق د ك تعاكس المسبب الذي ولدها وهو المعدل الزمني للتغير بالفيض المغناطيسي حسب قانون لنز

(b) $I = \frac{\varepsilon_{ind}}{R} = \frac{0.2}{80} = 2.5 \times 10^{-3}\ A$

س / ما هو قانون لنز ؟ وما الفائدة العملية منه ؟

ج / التيار المحتث في دائرة كهربائية مقفلة يمتلك اتجاهاً بحيث ان مجاله المغناطيسي المحتث يكون معاكساً بتأثيره للتغير في الفيض المغناطيسي الذي ولد هذا التيار . الفائدة منه / تعين اتجاه التيار المحتث في دائرة كهربائية مقفلة . ويعد تطبيقاً لقانون حفظ الطاقة .

لكي نفهم قانون لنز نسأل السؤال التالي : حلقة موصلة مستواها افقي سقط عليها مغناطيس مستقيم وكما هوموضح في الحالات الاتية :

1- هل تتولد (ق . د . ك) محتثة في الحلقة في جميع الحالات ؟ ولماذا ؟ 2 - هل يمر تيار محتث في الحلقة في جميع الحالات ؟ ولماذا ؟

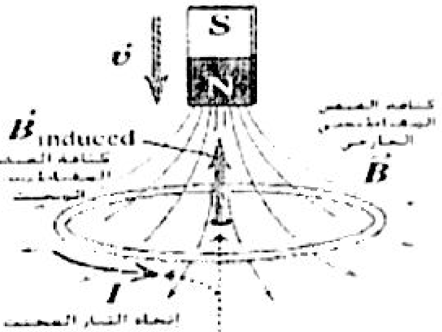
3 - حدد الاقطاب المغناطيسية للحلقة في جميع الحالات ؟ ولماذا ؟ 4 - حدد اتجاه التيار المحتث في الحلقة في جميع الحالات ؟ ولماذا ؟



(d) (c) (b) (a)

(a)	(b)	(c)	(d)
1 - نعم . لوجود ($\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t}$)	1 - نعم . لوجود ($\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t}$)	1 - نعم . لوجود ($\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t}$)	1 - نعم . لوجود ($\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t}$)
2 - نعم . لان الحلقة تعتبر دائرة مقفلة .	2 - نعم . لان الحلقة تعتبر دائرة مقفلة	2 - نعم . لان الحلقة تعتبر دائرة مقفلة .	2 - نعم . لان الحلقة تعتبر دائرة مقفلة .
3 - شمالي (N) للاعلى وجنوبي (S) للاسفل (حسب قانون لنز)	3 - شمالي (N) للاسفل وجنوبي (S) للاعلى (حسب قانون لنز)	3 - شمالي (N) للاسفل وجنوبي (S) للاعلى (حسب قانون لنز)	3 - شمالي (N) للاعلى وجنوبي (S) للاسفل (حسب قانون لنز)
4 - يكون التيار المحتث عكس اتجاه عقرب الساعة (حسب قاعدة الكف اليمنى)	4 - يكون التيار المحتث مع اتجاه عقرب الساعة (حسب قاعدة الكف اليمنى)	4 - يكون التيار المحتث مع اتجاه عقرب الساعة (حسب قاعدة الكف اليمنى)	4 - يكون التيار المحتث عكس اتجاه عقرب الساعة (حسب قاعدة الكف اليمنى)

س / ماذا يحصل عند تقريب قطب شمالي لساق مغناطيس من وجه حلقة موصلة مقفلة او ملف في دائرة مقفلة ؟



ج / عند الاقتراب يزداد الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة $\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} > 0$ واتجاه كثافة الفيض المغناطيسي المؤثر B نحو الاسفل ومتزايد بالمقدار ($\frac{\Delta B}{\Delta t} > 0$) فيكون اتجاه التيار المحتث معاكسا لاتجاه دوران عقارب الساعة حسب قاعدة الكف اليمنى فيولد فيضا مغناطيسيا محتثا كثافته (Bind) اتجاهه نحو الاعلى ويكون معاكسا لاتجاه الفيض المغناطيسي المؤثر نفسه .لكي يقاوم التزايد في الفيض المغناطيسي الذي ولد التيار المحتث .

اي يتولد في وجه الحلقة المقابل للقطب الشمالي قطباً شمالياً لكي يتنافر مع القطب الشمالي المقترب منه (حسب قانون لنز)

س / ماذا يحصل عند ابتعاد قطب شمالي لساق مغناطيس من وجه حلقة موصلة مقفلة او ملف في دائرة مقفلة ؟



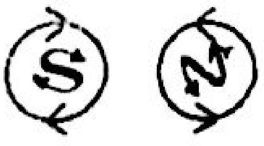
ج / عند الابتعاد يتناقص الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة $\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} < 0$ واتجاه كثافة الفيض المغناطيسي المؤثر B نحو الاسفل ومتناقصة بالمقدار ($\frac{\Delta B}{\Delta t} < 0$) فيكون اتجاه التيار المحتث مع اتجاه دوران عقارب الساعة حسب قاعدة الكف اليمنى فيولد فيضا مغناطيسيا محتثا كثافته (Bind) اتجاهه نحو الاسفل ويكون باتجاه الفيض المغناطيسي المؤثر نفسه .لكي يقاوم التناقص في الفيض المغناطيسي الذي ولد التيار المحتث .

اي يتولد في وجه الحلقة المقابل للقطب الشمالي قطباً جنوبيا لكي يتجاذب مع القطب الشمالي المبتعد عنه (حسب قانون لنز)

ملاحظة اثرائية

1 - عند الاقتراب يتولد قطب مشابه وعند الابتعاد يتولد قطب مخالف .

2 - اذا كان القطب القريب للناظر شمالي (N) يكون التيار عكس دوران عقارب الساعة واذا كان القطب القريب للناظر جنوبي (S) يكون التيار بأتجاه دوران عقارب الساعة



س / ما المقصود بالتيارات الدوامة ؟ وبماذا تمتاز ؟ وكيف يمكن تحديد اتجاهها ؟ وما سبب نشوء التيارات الدوامة في الموصلات ؟
واذكر كيفية استثمارها في التقنيات الحديثة (فوائدها) ؟ واضرارها ؟ وكيف تقوم الشركات بتقليل اضرارها ؟

ج / هي عبارة عن تيارات كهربائية محتثة تظهر في الموصلات نتيجة لتعرضها لتغير في الفيض المغناطيسي (Φ_B) .

تمتاز بما يلي : 1 ـ تكون كبيرة المقدار بسبب صغر مقاومة الموصل .
2 ـ تكون على شكل مسارات دائرية مقفلة ومتمركزة وبمستويات عمودية على الفيض المغناطيسي (Φ_B) المسبب لها.
3 ـ تشبه التيارات الدوامة المتولدة في الماء والهواء .

تحديد اتجاهها : يحدد اتجاهها طبقاً لقانون لنز وقاعدة الكف اليمنى .

سبب نشوؤها : بسبب تغير الفيض المغناطيسي (Φ_B) المواجه لحلقة موصلة لسبب او لاخر تنشأ قوة دافعة كهربائية محتثة ε_{ind} وينساب تيار محتث في الحلقة اذا كانت مقفلة ويكونان باتجاه معين في الحالة التي يكون فيها الفيض المغناطيسي المؤثر متزايداً مع الزمن وباتجاه معاكس اذا كان متناقصاً مع الزمن .

الفوائد : تستثمر التيارات الدوامة في :1ـ مكابح بعض القطارات الحديثة اذ توضع ملفات سلكية يعمل كل منها كمغناطيس كهربائي مقابل قضبان السكة ففي الحركة الاعتيادية لا ينساب تيار كهربائي في تلك الملفات ولإيقاف القطار عن الحركة تغلق الدائرة الكهربائية لتلك الملفات فينساب تيار كهربائي في تلك الملفات وهذا التيار يولد مجالا مغناطيسياً قويا يمر خلال قضبان الحديد للسكة ونتيجة للحركة النسبية بين المجال المغناطيسي والقضبان تتولد تيارات دوامة فيها . وحسب قانون لنز تولد هذه التيارات مجالا مغناطيسيا يعرقل تلك الحركة وهو السبب الذي ولدها فيتوقف القطار عن الحركة .

2 ـ كاشفات المعادن المستعملة حديثا في نقاط التفتيش الامنية وخاصة في المطارات . يعتمد عمل كاشفات المعادن على ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي والتي تسمى غالبا الحث النبضي يحتوي جهاز كاشف المعادن ملفين سلكيين احدهما يستعمل كمرسل والاخر مستقبل يسلط فرق جهد متناوب على طرفي ملف الارسال فينساب في الملف تيار متناوب والذي بدوره يولد مجالا مغناطيسيا متناوبا وهذا المجال المتغير مع الزمن يحث تيارا في ملف الاستقبال ويقاس مقدار هذا التيار ابتداءا في الحالة التي لا تتوافرعندها اية مادة بين الملفين عدا الهواء . فعند مرور اي جسم موصل معدني بين المستقبل والمرسل سوف تتولد تيارات دوامة في ذلك الجسم المعدني فتعمل التيارات الدوامة المحتثة في الجسم المعدني على عرقلة التغير الحاصل في الفيض المغناطيسي المتولد في ملف الاستقبال وهذا يتسبب في تقليل التيار الابتدائي المقاس في المستقبل في حالة وجود الهواء بين الملفين . وبهذا التاثير يمكن الكشف عن وجود القطع المعدنية في الحقائب اليدوية او في ملابس الشخص .

3 تستعمل كاشفات المعادن ايضا للسيطرة على الاشارات الضوئية المنصوبة في تقاطعات بعض الطرق البرية .

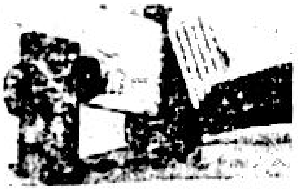
الاضـــرار : تتسبب في فقدان طاقة بشكل حرارة في الاجهزة او الملفات التي تتولد فيها على وفق قانون جول .

ولغرض التقليل منها او من (مقدار الطاقة المتبددة على شكل حرارة) : يصنع القلب بشكل صفائح من الحديد المطاوع تترتب بموازاة الفيض المغناطيسي المتغير الذي يخترقها وتكون هذه الصفائح معزولة عن بعضها ومكبوسة كبساً شديداً وهذا سيؤدي إلى طول المسار الذي تنساب فيه التيارات الدوامة فتزداد بذلك المقاومة الكهربائية إلى حد كبير داخل تلك الصفائح وبذلك يقل مقدارها .

س / اذكر تجربة توضح فيها كيفية تقليل تأثير التيارات الدوامة المتولدة في الموصلات .

ج / 1 ـ نأخذ بندولان متماثلان كل منهما بشكل صفيحة مصنوعة من مادة موصلة (ليست فيرومغناطيسية (من الألمنيوم مثلا) مثبتة بطرف ساق من المادة نفسها . وتكون أحدى الصفيحتين مقطعة بشكل شرائح معزولة عن بعضها مثل اسنان المشط والاخرى كاملة (غير مقطعة) ونضعهما داخل مغناطيس دائم قوي

2 ـ نسحب الصفيحتين جانبا بازاحة متساوية الى احد جانبي موقع استقرارهما ونترك الصفيحتين في آن واحد لتهتز كل منهما بحرية بين قطبي المغناطيس .



3 ـ نلاحظ ان : البندول الذي يتألف من الصفيحة الكاملة (غير مقطعة) يتوقف عن الحركة في اثناء مروره خلال الفجوة بين القطبين المغناطيسيين بينما الصفيحة المقطعة بشكل اسنان المشط تمر بين القطبين المغناطيسيين وتعبر الى الجانب الاخر وتستمر بالاهتزاز على جانبي منطقة المجال المغناطيسي ذهاباً واياباً ولكن بتباطؤ قليل .

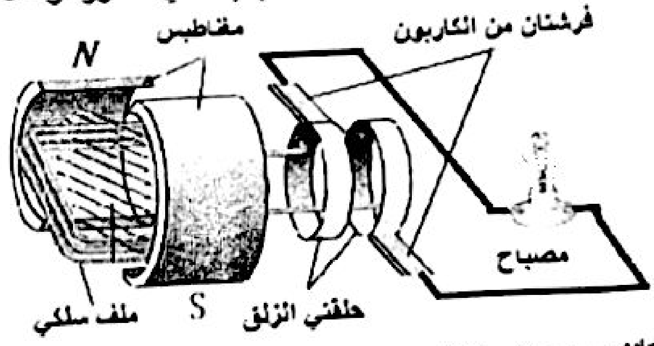
4 ـ نستنتج ان : تتولد تيارات دوامة كبيرة المقدار في الصفيحة غير المقطعة في اثناء دخولها المجال المغناطيسي بين القطبين فتكون باتجاه معين نتيجة حصول تزايد في الفيض المغناطيسي الذي يخترقها لوحدة الزمن حسب قانون فراداي وتكون باتجاه معاكس في اثناء خروجها من المجال نتيجة حصول تناقصاً في الفيض المغناطيسي فتتولد في الحالتين قوة مغناطيسية تعرقل حركة الصفيحة حسب قانون لنز وبالتالي تتلاشى سعة اهتزاز الصفيحة وتتوقف عن الاهتزاز بينما التيارات الدوامة المتولدة في الصفيحة المقطعة تكون صغيرة المقدار جداً فيكون تاثيرها في اهتزاز الصفيحة ضعيفاً جداً .

س / ما الغاية من المولد الكهربائي ؟ وما أساس عمله ؟ وما أنواعه ؟ ومم يتألف كل نوع ؟

ج / يقوم بتحويل الطاقة الميكانيكية الى طاقة كهربائية بتاثير مجال مغناطيسي .

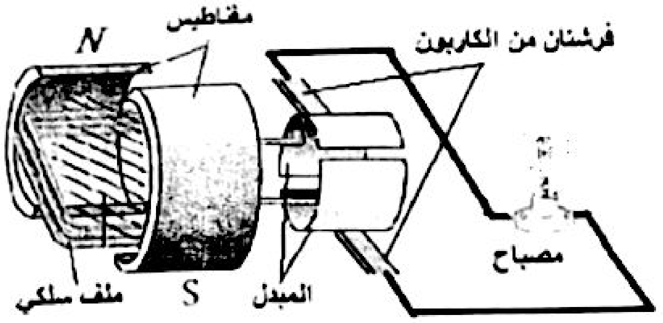
اساس عمله : ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي (حيث تتولد ق . د . ك محتثة ε_{ind} في ملف النواة عند دورانها في مجال مغناطيسي)

1- مولد التيار المتناوب (a . c) (أحادي الطور او ثلاثي الطور)



يتالف من : 1- مغناطيس 2 - حلقتان معدنيتان (حلقتي الزلق)
3 - ملف سلكي 4 - فرشتان من الكاربون

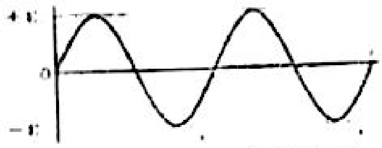
2 - مولد التيار المستمر (d . c)



يتالف من : 1- مغناطيس 2 - نصفا حلقة معدنية (المبدل)
3 - ملف سلكي 4 - فرشتان من الكاربون

س / ما هو شكل الفولتية والتيار الخارجين من مولد التيار المتناوب ؟ وبماذا يمتاز ؟ وما مقدار المتوسط له (المعدل) لدورة واحدة او عدد صحيح من الدورات ؟

ج / جيبي

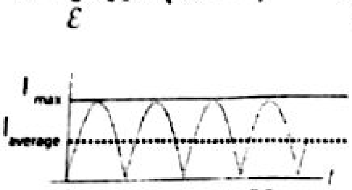


يمتاز : 1- متغير المقدار .
2 - متغير الاتجاه .

المعدل : ($V_{average} = 0$) معدل الفولتية
($I_{average} = 0$) معدل التيار

س/ ماهو شكل الفولتية والتيار الخارجين من مولد التيار المستمر؟ وبماذا يمتاز ؟ وما مقدار المتوسط له (المعدل) لدورة واحدة او عدد صحيح من الدورات ؟

ج / نبضي



يمتاز : 1- متغير المقدار .
2 - ثابت الاتجاه .

المعدل : ($V_{average} = 0.636\ V_{max}$) معدل الفولتية
($I_{average} = 0.636\ I_{max}$) معدل التيار

س / كيف تحسب القوة الدافعة الكهربائية المحتثة على طرفي ملف يدور بسرعة زاوية (ω) منتظمة داخل مجال مغناطيسي كثافة فيضه (B) منتظمة ومساحة اللفة الواحدة منه (A) ؟ والفولتية العظمى ؟ وما العلاقة بينهما ؟

ج / الفيض المغناطيسي الذي يخترق اللفة الواحدة من الملف عند أية لحظة زمنية يساوي $\Phi_B = BA\cos\theta$

وبما ان : $\theta = \omega t$ فان الفيض يصبح : $\Phi_B = BA\cos(\omega t)$ وهو دالة جيب تمام $\cos(\omega t)$ تتغير مع الزمن

اما المعدل الزمني للتغير بالفيض المغناطيسي الذي يخترق اللفة الواحدة يعطى بالعلاقة : $\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} = -BA\omega\sin(\omega t)$

علماً ان : [$\frac{\Delta \cos(\omega t)}{\Delta t} = -\omega\sin(\omega t)$] وحسب قانون فاراداي في الحث الكهرومغناطيسي

فأن القوة الدافعة الكهربائية المحتثة ε_{ind} في الملف تكون : $\varepsilon_{ind} = -N\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} = -N\{-BA\omega\sin(\omega t)\}$

ومن ثم تعطى القوة الدافعة الكهربائية المحتثة على طرفي ملف بالعلاقة التالية : $\varepsilon_{ind} = NBA\omega\sin(\omega t)$

والفولتية العظمى تكون عندما $\sin(\omega t) = 1$ فتصبح العلاقة : $\varepsilon_{max} = NBA\omega$

العلاقة بينهما

$$\varepsilon = \varepsilon_{max}\sin(\omega t)$$ الفولتية الانية

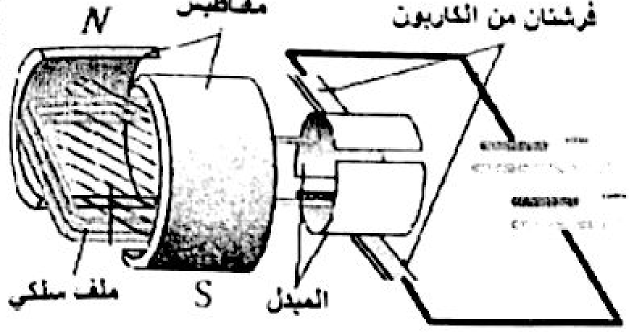
س / كيف تحسب التيار الآني او اللحظي المار بالدائرة الخارجية للمولد ؟ والتيار الاعظم ؟ وما العلاقة بينهما ؟

ج / $I_{max} = \frac{NBA\omega}{R}$ التيار الاعظم $I = \frac{\varepsilon_{ind}}{R} = \frac{NBA\omega\sin(t\omega)}{R}$

العلاقة بينهما

$$I = I_{max}\sin(\omega t)$$ التيار الاني

المحرك الكهربائي للتيار المستمر



س / ما الغاية من المحرك الكهربائي ؟ وما اساس عمله ؟ ومم يتألف ؟

ج/ يقوم بتحويل الطاقة الكهربائية الى طاقة ميكانيكية بتاثير مجال مغناطيسي

اساس عمله : وجود قوة مغناطيسية تؤثر على نواة الملف وتقوم بتدويرها بتأثير عزم يسمى عزم المزدوج داخل مجال مغناطيسي

يتألف من : 1- مغناطيس 2 - نصفا حلقة معدنية (المبدل)
3 - ملف سلكي 4 - فرشتان من الكاربون

(نفس اجزاء مولد التيار المستمر وعكس المولد في العمل)

عندما يشتغل المحرك ويدور ملف النواة داخل المجال المغناطيسي يحصل تغير في مستوي الملف نسبة للمجال المغناطيسي وحسب قانون فراداي في الحث الكهرومغناطيسي تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة على طرفي ملف نواة المحرك تسمى القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المضادة ($\mathcal{E}_{back}$)

س كيف تحسب القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المضادة($\mathcal{E}_{back}$) في المحرك الكهربائي؟ ولماذا سميت بالمضادة؟ وعلام يعتمد مقدارها؟

ج / يتم حسابها من العلاقة التالية

$$\mathcal{E}_{back} = -N\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t}$$

سميت بالمضادة لانها تكون معاكسة في قطبيتها للفولطية الموضوعة (المصدر) (V_{applid}) على طرفي ملف النواة حسب قانون لنز .

وتعتمد على : 1 - عدد لفات الملف .

2 - سرعة دوران النواة (المعدل الزمني للتغير بالفيض المغناطيسي) .

س / ما العامل الذي يحدد مقدار التيار المنساب في دائرة المحرك الكهربائي ؟ وكيف يتم حساب مقداره ؟

ج / الفرق بين الفولطية الموضوعة (V_{applid}) والقوة الدافعة الكهربائية المحتثة المضادة($\mathcal{E}_{back}$)

ويتم حساب مقداره من العلاقة التالية :

$$I = \frac{V_{applid} - \mathcal{E}_{back}}{R}$$

س / كيف تحول مولد التيار المتناوب الى مستمر ؟ ج / نضع مبدل بدلاً من حلقتي الزلق .

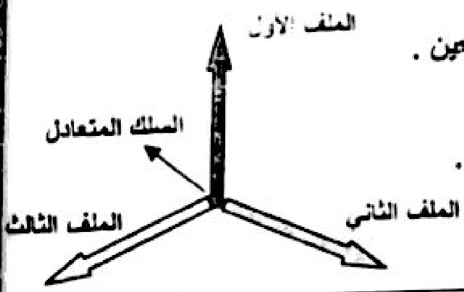
س / كيف تحول مولد التيار المستمر الى متناوب ؟ ج / نضع حلقتي الزلق بدلاً من المبدل .

س / ما الفرق بين مولد التيار المتناوب احادي الطور وثلاثي الطور (ذي الاطوار الثلاثة) ؟

ج / أحادي الطور : نواته تحتوي على ملف واحد . ويجهز هذا المولد تياراً متناوباً ذي مقدار معين .

ثلاثي الطور: نواته تحتوي على ثلاثة ملفات تربط ربطاً نجمياً تفصل بينهما زوايا متساوية قياسها (120°) وتربط اطرافها الاخرى مع سلك يسمى بالسلك المتعادل (او الخط الصفري) .

ويجهز هذا المولد تياراً متناوباً ذي مقدار اكبر من التيار الذي يجهزه المولد المتناوب احادي الطور وينقل من المولد بثلاثة خطوط . ويسمى بالتيار ذي الاطوار الثلاثة .



س / ما هو المبدل ؟ وما الفائدة العملية من وجوده في كل من المولد الكهربائي والمحرك الكهربائي ؟

ج / عبارة عن نصفي حلقة معدنية من النحاس ومعزولتين بعضهما عن بعض .

عمله في المولد الكهربائي : يجعل التيار الخارج من المولد بأتجاه واحد . ففي اللحظة التي ينعكس فيها اتجاه التيار داخل الملف ينعكس ربط المبدل بالدائرة الخارجية ولهذا يسمى بالعاكس .

عمله في المحرك الكهربائي : يقوم بعكس اتجاه التيار المار بنواة المحرك ويجعلها محافظة على دورانها باتجاه واحد .

س / كيف نجعل التيار الخارج من مولد تيار مستمر بسيط اكثر نعومة ، له متوسط قيمة اعلى واقرب الى تيار النضيدة ؟

ج / 1 - زيادة عدد الملفات . وترتب بشكل متسلسل بحيث تحصر بينها زوايا متساوية .

2 - زيادة عدد قطع المبدل . حيث ان (عدد قطع المبدل = 2 × عدد الملفات)

س / ماذا يحدث ؟ عند منع نواة المحرك عن الدوران عن طريق مسكها باليد او حصول عطل ميكانيكي ؟

ج / القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المضادة $(\mathcal{E}_{back}) = 0$ فيكون التيار I (عالي) والقدرة الحرارية عالية تؤدي الى عطب المحرك .

س / متى تكون القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المضادة ($\mathcal{E}_{back}$) في المحرك تساوي صفرا ؟ ومتى تكون في قيمتها العظمى ؟

ج / تكون صفراً : عند بدء تشغيل المحرك او منع نواته عن الدوران .

وتكون في قيمتها العظمى : عندما تدور النواة باقصى سرعة زاوية .

س / ماهو أكتشاف : (العالم اورستد) و (العالم فراداي) ؟

ج / أكتشاف العالم اورستد : التيار الكهربائي المنساب خلال موصل يولد مجالاً مغناطيسياً .

أكتشاف العالم فراداي : تغير المجال المغناطيسي المواجه للموصل يولد تياراً كهربائياً .

س / يعد قانون لنز تطبيقاً لقانون حفظ الطاقة ؟ وضح ذلك ؟

ج / عند اقتراب المغناطيس او ابتعاد المغناطيس نسبه للحلقة او الملف يتطلب انجاز شغل ميكانيكي ويتحول الشغل المنجز الى نوع اخر من الطاقة في الحمل عندما تكون الحلقة مربوطة الى حمل ويعد ذلك تطبيقاً لقانون حفظ الطاقة .

مثال 4

ملف سلكي يتألف من (500) لفة دائرية قطرها (4 cm) وضع بين قطبي مغناطيس ذو فيض مغناطيسي منتظم عندما كان الفيض المغناطيسي يصنع زاوية (30°) مع مستوي اللفة فاذا تناقصت كثافة الفيض المغناطيسي خلال الملف بمعدل ($0.2\ \frac{T}{S}$) احسب : معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة على طرفي الملف ؟

الحـــل / تكون الزاوية θ محصورة بين متجه المساحة A وكثافة الفيض المغناطيسي B والزاوية المعطاة بالسؤال تقع بين مستوي الملف وكثافة الفيض المغناطيسي B . فان :

$$\theta = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$$

$$A = \pi\ r^2 = 3.14 \times (0.02)^2 = 12.56 \times 10^{-4}\ m^2$$

$$\mathcal{E}_{ind} = -N\frac{\Delta\ \Phi_B}{\Delta t} = -N\frac{A\ \ \Delta B\cos\theta}{\Delta t} = -500 \times 12.56 \times 10^{-4} \times -0.2 \times \cos 60^\circ = +628 \times 10^{-4}\ v$$

س متى تبلغ الفولتية المحتثة في ملف نواة المولد البسيط اثناء دورانها :(a) مقدارها الاعظم ؟ (b) صفراً ؟ (c) نصف مقدارها الاعظم

ج /

(a)
$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{max}\sin(\omega t)$$
$$\mathcal{E}_{max} = \mathcal{E}_{max}\sin(\omega t)$$
$$\sin(\omega t) = 1$$
$$\omega t = (\frac{\pi}{2})\ \text{او}\ (\frac{3\pi}{2})$$
مستوى الملف يوازي الفيض

(b)
$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{max}\sin(\omega t)$$
$$0 = \mathcal{E}_{max}\sin(\omega t)$$
$$\sin(\omega t) = 0$$
$$\omega t = (\pi)\ \text{او}\ (2\pi)$$
مستوي الملف عمودي على الفيض

(c)
$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{max}\sin(\omega t)$$
$$\frac{1}{2}\mathcal{E}_{max} = \mathcal{E}_{max}\sin(\omega t)$$
$$\sin(\omega t) = \frac{1}{2}$$
$$\omega t = (\frac{\pi}{6})\ \text{او}\ (\frac{7\pi}{6})$$

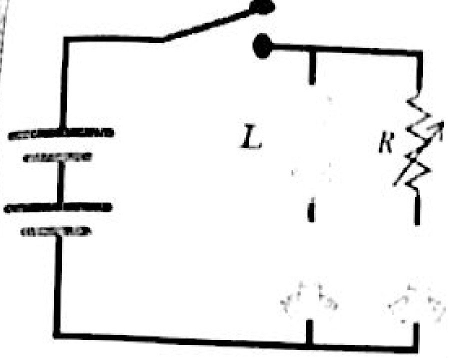
ملاحظة

1 - تقاس السرعة الزاوية (ω) بوحدات ($\frac{rad}{S}$) .

2 - يقاس التردد (f) بوحدات Hertz يرمز لها (H z) .

3 - العلاقة بين السرعة الزاوية (ω) والتردد (f) $\omega = 2\pi f$

س / ما المقصود بالمحاثة او (الحث الذاتي للملف) ؟ وضحها ؟



ج / وهي صفة للملف حيث يعمل على عرقلة نمو التيار في حالة (نمو التيار) وعرقلة تلاشي التيار في حالة (تلاشي التيار)

لتوضيح ذلك : نقوم بربط مصباحان متماثلان على التوازي مع بطارية كما في الشكل المقابل ومقاومة متغيرة (R) لها نفس مقدار مقاومة الملف (L) المربوطة على التوالي مع احد المصباحين والملف مربوط على التوالي مع المصباح الثاني وفي جوفه قلب من الحديد المطاوع لزيادة كثافة فيض المغناطيسي .

وبعد اغلاق المفتاح بفترة زمنية معينة نشاهد ان كلا المصباحين يتوهجان توهجا متساويا في الشدة بعد وصول التيار مقداره الثابت ولكن لا يصلان ذلك في آن واحد بل هناك تأخر ملحوظ في زمن توهج المصباح المربوط مع الملف توهجاً كاملاً عن زمن توهج المصباح المربوط مع المقاومة (R) وان هذا التباطؤ في توهج المصباح المربوط مع الملف بسبب صفة الملف التي تسمى تأثير المحاثة او (الحث الذاتي للملف) ومثل هذا الملف يسمى بالمحث

س / ما المقصود بـ (ظاهرة الحث الذاتي للملف) ؟ وما هو تفسيرها ؟

ج / هي عملية تولد قوة دافعة كهربائية محتثة في ملف نتيجة تغير مقدار التيار المنساب لوحدة الزمن في الملف نفسه .

تفسيرها :

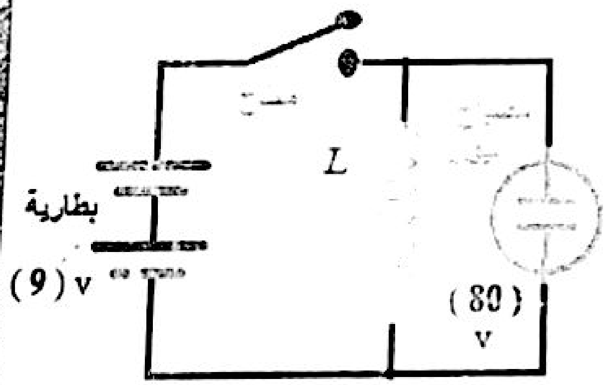
1- **عند غلق المفتاح :** يتزايد التيار ($\frac{\Delta I}{\Delta t} > 0$) فيتزايد معه فيضه المغناطيسي خلال الملف مولداً قوة دافعة كهربائية محتثة $\mathcal{E}_{ind}$ على طرفي الملف بقطبية معاكسة للفولطية الموضوعة على طرفي الملف فهي تعرقل التزايد في التيار فيكون (زمن تنامي التيار من الصفر الى مقداره الثابت كبيراً) ويعطى صافي فرق الجهد بالعلاقة : $V_{applid} - \mathcal{E}_{ind} = I_{inst} R$

2 - عند ثبوت التيار : يصبح ($\frac{\Delta I}{\Delta t} = 0$) فتكون القوة الدافعة الكهربائية محتثة $\mathcal{E}_{ind}$ تساوي صفراً ($\mathcal{E}_{ind} = 0$)

3- **عند فتح المفتاح :** يتناقص التيار ($\frac{\Delta I}{\Delta t} < 0$) فيتناقص معه فيضه المغناطيسي خلال الملف مولدا قوة دافعة كهربائية محتثة $\mathcal{E}_{ind}$ على طرفي الملف وتكون بنفس قطبية الفولطية الموضوعة على طرفي الملف فهي تعرقل التناقص في التيار فيكون (زمن تلاشي التيار من مقداره الثابت الى مقداره الصفر) صغير جداً ويعطى صافي فرق الجهد بالعلاقة $V_{applid} + \mathcal{E}_{ind} = I_{ins} R$

س / اذكر تجربة توضح فيها تولد القوة الدافعة الكهربائية محتثة الذاتية على طرفي الملف ؟ او (ظاهرة الحث الذاتي) ؟

ج / نأخذ بطارية ذات فولطية ($9\,V$) وملف سلكي في جوفه قلب من الحديد المطاوع ومفتاح ومصباح نيون يحتاج ($80\,V$) ليتوهج ونربط الملف والمفتاح والبطارية على التوالي مع بعض .
ونربط مصباح النيون على التوازي مع الملف وكما موضح بالشكل :



العمل / 1- نغلق دائرة الملف والبطارية بوساطة المفتاح نلاحظ عدم توهج المصباح
2 - نفتح دائرة الملف والبطارية بوساطة المفتاح . نلاحظ توهج مصباح النيون بضوء ساطع لبرهة قصيرة من الزمن على الرغم من فصل البطارية عن الدائرة .

الاستنتاج /

اولا: عدم توهج مصباح النيون لحظة اغلاق المفتاح بسبب الفولطية الموضوعة على طرفيه لم تكن كافية لتوهجه وذلك لان نمو التيار من الصفر الى مقداره الثابت كان بطيئا نتيجة لتولد قوة دافعة كهربائية محتثة في الملف تعرقل المسبب لها حسب قانون لنز .

ثانيا: توهج مصباح النيون لحظة فتح المفتاح بسبب تولد فولطية كبيرة على طرفيه تكفي لتوهجه وتفسير ذلك لان التلاشي السريع للتيار خلال الملف تتولد على طرفيه قوة دافعة كهربائية محتثة ذاتية كبيرة المقدار تكون كافية لتوهجه فيعمل الملف في هذه الحالة كمصدر طاقة يجهز المصباح بفولطية تكفي لتوهجه .

ملاحظة

لكي نغير التيار هنالك أسلوبين : 1 - نغلق ونفتح مفتاح الدائرة .
2 - نستخدم تيار متناوب (مصدر فولتية متناوبة) .

س / كيف تحسب مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة الذاتية ($\mathcal{E}_{ind}$) ؟

ج / نفرض ان تيار كهربائي مستمر (I) ينساب في ملف فان ذلك يسبب فيضا مغناطيسيا مقداره Φ يخترق كل لفة من لفات الملف

ـ ويتناسب مقداره طرديا مع مقدار التيار .أي ان : $N\Phi \propto I$

حيث ان L :هي ثابت التناسب وتمثل معامل الحث الذاتي للملف وتصبح العلاقة : $N\Phi = LI$

واذا تغير التيار بمعدل زمني يتغير الفيض المغناطيسي المتولد بمعدل زمني وتصبح العلاقة : $N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = L\frac{\Delta I}{\Delta t}$

وبما ان القوة الدافعة الكهربائية المحتثة ($\mathcal{E}_{ind}$) في الملف يتناسب مقدارها طرديا مع

المعدل الزمني للتغير في الفيض المغناطيسي حسب قانون فراداى فى الحث الكهرومغناطيسي : $\mathcal{E}_{ind} = -N\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}$

وتصبح القوة الدافعة الكهربائية المحتثة الذاتية ($\mathcal{E}_{ind}$) :

$$\boxed{\mathcal{E}_{ind} = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}}$$ (و . هـ . م)

س / ما المقصود بمعامل الحث الذاتي ؟ وما قانونه ؟ وما وحداته ؟ وعلام يعتمد ؟

ج / هو النسبة بين القوة الدافعة الكهربائية المحتثة الى المعدل الزمني للتغير في التيار المنساب في الملف نفسه .

قانونه : $L = \frac{\mathcal{E}_{ind}}{-(\frac{\Delta I}{\Delta t})}$ وحدات قياسه الهنري (H) ويساوي $Henry = \frac{Volt\ .\ Second}{Ammpere}$

ويعتمد على : 1- عدد لفات الملف . 2 - حجم الملف . 3 - الشكل الهندسي للملف . 4 - النفوذية المغناطيسية للوسط في جوف الملف.

(يزداد مقدار معامل الحث الذاتي للملف عند ادخال قلب من الحديد المطاوع في جوف الملف)

س / ما هو الهنري ؟ ثم اشتقه بالوحدات الاساسية في نظام (Kg . m . S) ؟

ج / هي وحدة معامل الحث الذاتي لملف اذا تغير التيار فيه بمعدل ($\frac{Ammpere}{Second}$) تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة ($\mathcal{E}_{ind}$)على طرفيه مقدارها فولطا واحدا.

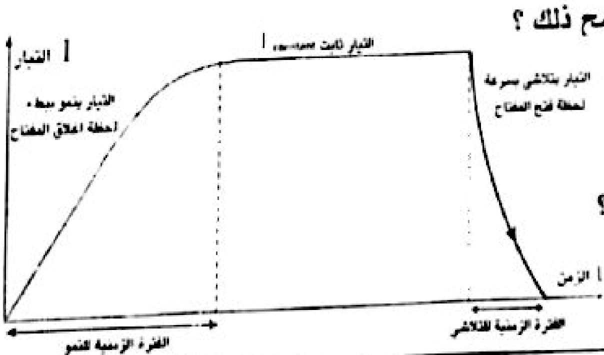
$$Henry = \frac{V}{\frac{A}{S}} = \frac{V\ .\ S}{A} = \frac{J\ .\ S}{A\ .Colom} = \frac{N\ .\ m\ .\ S}{A\ .\ S\ .\ A} = \frac{N\ .\ m}{A^2} = \frac{Kg\ .\ m\ .\ m}{S^2\ .\ A^2} = \frac{Kg\ .\ m^2}{S^2\ .\ A^2}$$

س / هل ان زمن نمو التيار يساوي زمن تلاشيه فى دائرة تحتوى على ملف ؟ وضح ذلك ؟

ج / كلا . زمن تلاشي التيار يكون صغيراً جداً بسبب ظهور فجوة هوائية

بين جزئي المفتاح تجعل مقاومة الدائرة كبيرة جداً .

وكما موضح بالرسم .



س لماذا يكون زمن تلاشي التيار أقل من زمن تنامي التيار في دائرة الحث الذاتي ؟

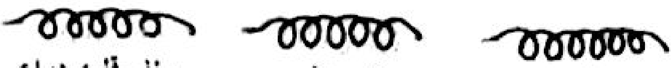
ج / لانه عند فتح الدائرة (تلاشي التيار) تتولد مقاومة كبيرة جداً بسبب ظهور فجوة هوائية بين جزئى المفتاح .

س / علل ؟ اندلاع الشرارة الكهربائية عبر المفتاح الكهربائي في الدائرة الحثية عند قطع الدائرة ؟

او / لماذا تكون الاجهزة الكهربائية اكثر عرضة للعطل عند قطع التيار عن الدائرة الكهربائية ؟

ج / Δt صغير جداً ⟸ فيكون $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ كبيرة جداً ⟸ فتكون $\mathcal{E}_{ind}$ كبيرة جداً يؤدي الى ⟸ اندلاع شرارة كهربائية / عطل الاجهزة

مـلاحـظـات مـهـمـة



ملف قلبه هواء   ملف متغير   ملف قلبه حديد

1 ـ يرمز للملفات بأشكال مختلفة :

2ـ ان الحث الذاتي صفة من صفات جميع الملفات اي ان جميع الملفات لها القابلية على توليد ق .د .ك ε_{ind} محتثة اذا مر بها تيار متغير

لذلك نسأل : س / كيف يمكن تجريد أي ملف من خاصية الحث الذاتي ؟

ج / يتم ذلك عن طريق : (1) سحب الملف وجعله على شكل سلك مستقيم . (2) يُلف الملف بأتجاهين متعاكسين .

س / كيف تلف المقاومات المصنوعة من الأسلاك ؟ وضح ذلك ؟

ج / تلف لفا غير حثيا .فهي تلف عادة بشكل طبقات اذ يكون اتجاه لفا النصف الأول من السلك معاكسا لاتجاه لف النصف الثاني من السلك وينتج عن ذلك ان التأثيرات الحثية المتولد في النصف الاول من السلك تلغي التأثيرات الحثية للنصف الثاني فهي تساويها في المقدار وتعاكسها في الاتجاه وسبب ذلك ان التيار ينساب في نصفي السلك بأتجاهين متعاكسين .

3 ـ تُربط احيانا

$$\varepsilon_{ind} = -N\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t}$$ تــذكــر

$$\varepsilon_{ind} = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}$$ تــذكــر

4 ـ الطاقة المختزنة في المجال المغناطيسي للمحث

$$PE = \frac{1}{2} \times L I^2$$

الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة

$$PE = \frac{1}{2} \times \frac{Q^2}{C}$$ تــذكــر

5 ـ يعتبر المحث ملف مهمل المقاومة وهذا يعني ان المحث لا يتسبب في ضياع طاقة .

6 ـ في دائرة الحث الذاتي للملف تكون المعادلة الخاصة بها :

$$V_{app} = \varepsilon_{ind} + I_{inst} R$$

او

$$V_{app} = L\frac{\Delta I}{\Delta t} + I_{inst} R$$

او

$$V_{app} = N\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} + I_{inst} R$$

ويأتي السؤال عليها بأحد الصيغ التالية :

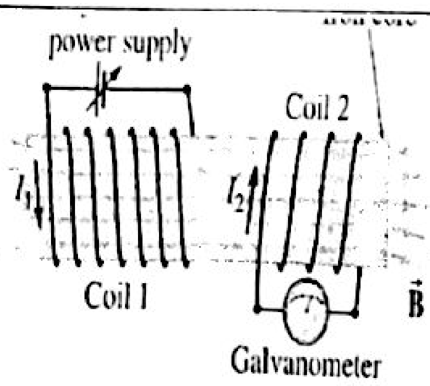
1 ـ لحظة اغلاق مفتاح الدائرة فيصبح :	2 ـ عند يصل التيار الى مقداره الثابت فيصبح :	3 ـ عند وجود نسبة مئوية التيار (70 % مثلا)	4 ـ عند وجود نسبة مئوية للـ(ق.د.ك) المحتثة (70 % مثلا)
$(I_{inst} = 0)$ في جميع المعادلات	$(\frac{\Delta I}{\Delta t} = 0)$ في جميع المعادلات	فاننا ناخذ الباقي من النسبة وتصبح المعادلة	فاننا (لا) ناخذ الباقي من النسبة وتصبح المعادلة
$V_{app} = \varepsilon_{ind}$ $V_{app} = L\frac{\Delta I}{\Delta t}$ $V_{app} = N\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t}$	وعندها يمكن ايجاد مقدار التيار الثابت من القانون : $I_{const} = \frac{V_{applid}}{R}$	$\varepsilon_{ind} = \frac{30}{100} \times V_{app}$ $L\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{30}{100} \times V_{app}$ $N\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} = \frac{30}{100} \times V_{app}$	$\varepsilon_{ind} = \frac{70}{100} \times V_{app}$ $L\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{70}{100} \times V_{app}$ $N\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} = \frac{70}{100} \times V_{app}$

7 ـ هنالك طريقة اخرى للحل بالنسبة للنقطة (3) عند وجود نسبة مئوية التيار (70 % مثلاً) من الملاحظة أعلاه : فتصبح المعادلة

$V_{app} = \varepsilon_{ind} + \frac{70}{100} \times V_{app}$	$V_{app} = L\frac{\Delta I}{\Delta t} + \frac{70}{100} \times V_{app}$	$V_{app} = N\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} + \frac{70}{100} \times V_{app}$

س / ما المقصود بـ (ظاهرة الحث المتبادل) ؟ وضحها ؟

ج / هي عملية تولد قوة دافعة كهربائية محتثة في ملف (ثانوي) نتيجة تغير مقدار التيار المنساب لوحدة الزمن في ملف اخر مجاور له او يحيط به (ابتدائي) .



س / اذكر تجربة توضح فيها ظاهرة الحث المتبادل بين ملفين ؟

ج/ نفترض وجود ملفين سلكيين متجاورين كما في الشكل فالتيار المنساب في الملف الابتدائي الملف (1) يولد مجالا مغناطيسيا B وفيضه المغناطيسي يخترق الملف الثانوي الملف (2) فلذا تغير التيار المنساب في الملف (1) لوحدة الزمن فيتغير الفيض المغناطيسي $\Phi_{B(2)}$ الذي اخترق الملف (2) لوحدة الزمن وعلى وفق قانون فراداي في الحث الكهرومغناطيسي تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة $\mathcal{E}_{ind}$ في الملف (2) ذو عدد لفات N_2 .

تعطى بالعلاقة :

$$\mathcal{E}_{ind(2)} = -N_2 \frac{\Delta \Phi_{B(2)}}{\Delta t}$$

س / كيف تحسب مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة $(\mathcal{E}_{ind(2)})$ بين ملفين ؟

ج / بما ان الفيض المغناطيسي الذي يخترق كل لفة من لفات الملف الثانوي يتناسب طرديا مع التيار المنساب في الملف الابتدائي (I_1)

أي ان : $\Phi_{B(2)} \ \alpha \ I_1$

وبهذا يكون الفيض المغناطيسي الذي يخترق جميع ملفات الملف الثانوي ذو عدد اللفات N_2 يتناسب طرديا مع التيار المنساب في الملف الابتدائي (I_1) فيكون : $N_2 \Phi_{B(2)} \ \alpha \ I_1$

حيث ان M : هي ثابت التناسب وتمثل معامل الحث المتبادل بين الملفين المتجاورين وتصبح العلاقة : $N_2 \Phi_{B(2)} = M I_1$

وإذا تغير التيار في الملف الابتدائي بمعدل زمني يتغير الفيض المغناطيسي الذي يخرق الملف الثانوي

$$N_2 \frac{\Delta \Phi_{B(2)}}{\Delta t} = M \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

وبما ان القوة الدافعة الكهربائية المحتثة ($\mathcal{E}_{ind(2)}$) في الملف الثانوي يتناسب مقدارها طرديا مع المعدل الزمني للتغير في الفيض المغناطيسي للملف الابتدائي حسب قانون فراداي في الحث الكهرومغناطيسي

$$\mathcal{E}_{ind(2)} = -N_2 \frac{\Delta \Phi_{B(2)}}{\Delta t}$$

وتصبح القوة الدافعة الكهربائية المحتثة الذاتية ($\mathcal{E}_{ind}$) :

$$\mathcal{E}_{ind(2)} = -M \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

(و . هـ . م)

س / ما المقصود بمعامل الحث المتبادل ؟ وما قانونه ؟ وما وحداته ؟ وعلام يعتمد ؟

ج / هو النسبة بين القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في ملف (ثانوي) إلى المعدل الزمني للتغير في التيار المنساب في الملف اخر مجاور له او يحيط به (ابتدائي) .

قانونه : $M = \dfrac{\mathcal{E}_{ind(2)}}{-\left(\dfrac{\Delta I_1}{\Delta t}\right)}$ ، وحدات قياسه الهنري (H) ويساوي $\text{Henry} = \dfrac{Volt\ .\ Second}{Ammpere}$

يعتمد : أولا : في حالة الملفان في الفراغ فيعتمد على : 1 - ثوابت الملفين (L_1 و L_2) . 2 - وضعية كل ملف والفاصلة بين الملفين .

ثانيا : في حالة وجود قلب من الحديد ومغلق بين الملفين فيعتمد على : ثوابت الملفين (L_1 و L_2) فقط نتيجة لحصول الاقتران المغناطيسي التام بين الملفين . ويعطى بالعلاقة التالية : $M = \sqrt{L_1 \times L_2}$

وتستثمر ظاهرة الحث المتبادل في :

استعمل جهاز التحفيز المغناطيسي خلال الدماغ (TMS) اذ يسلط تيار متغير مع الزمن على الملف الابتدائي الذي يمسك على منطقة دماغ المريض فالمجال المغناطيسي المتغير والمتولد بوساطة هذا الملف يخترق دماغ المريض مولداً قوة دافعة كهربائية محتثة فيه وهذه بدورها تولد تياراً محتثاً يشوش الدوائر الكهربائية في الدماغ وبهذه الطريقة تعالج بعض اعراض الامراض النفسية مثل الكآبة

مثال 5

ملف معامل حثه الذاتي (2.5 mH) وعدد لفاته (500) لفة ينساب فيه تيار مستمر (4 A) احسب :

1 - مقدار الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف ؟

2 - الطاقة المختزنة في المجال المغناطيسي للملف ؟

3 - معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف اذا انعكس اتجاه التيار خلال (0.25 S) ؟

الحل /

1- $N\Phi = L\,I$

$500 \times \Phi = 2.5\times10^{-3} \times 4 \longrightarrow \Phi = 2\times10^{-5}\ Wb$

2- $PE = \frac{1}{2} \times L\,I^2 = \frac{1}{2} \times 2.5\times10^{-3} \times (4)^2 = 0.02\ J$

3- $\varepsilon_{ind} = -L\,\frac{\Delta I}{\Delta t} = -2.5\times10^{-3} \times \frac{-4-4}{0.25} = -2.5\times10^{-3} \times \frac{-8}{0.25} = +0.08\ v$

مثال 6

ملفان متجاوران ملفوفين حول حلقة مقفلة من الحديد المطاوع ربط بين طرفي الملف الابتدائي بطارية فرق الجهد بين طرفيها (100 v) ومفتاح على التوالي . فاذا كان معامل الحث الذاتي للملف الابتدائي (0.5 H) مقاومته (20 Ω)

احسب مقدار 1 :المعدل الزمني لتغير التيار في دائرة الملف الابتدائي لحظة اغلاق الدائرة ؟

2 - معامل الحث المتبادل بين الملفين اذا تولدت قوة دافعة كهربائية محتثة بين طرفي الملف الثانوي مقدارها (40 v) لحظة اغلاق المفتاح في دائرة الملف الابتدائي ؟

3 - التيار الثابت المنساب في دائرة الملف الابتدائي بعد اغلاق الدائرة ؟

4 - معامل الحث الذاتي للملف الثانوي ؟

الحل / 1 - عند لحظة غلق دائرة الملف الابتدائي ($I_{inst} = 0$)

$V_{app} = L\,\frac{\Delta I_1}{\Delta t} + I_{inst}\,R$

$100 = 0.5 \times \frac{\Delta I_1}{\Delta t} + 0 \longrightarrow \frac{\Delta I_1}{\Delta t} = \frac{100}{0.5} = 200\ \frac{A}{S}$

2 - بما ان التيار كان متزايد في دائرة الابتدائي ($\frac{\Delta I_1}{\Delta t} > 0$) فتكون (40) بالسالب :

$\varepsilon_{ind(2)} = -M\,\frac{\Delta I_1}{\Delta t}$

$-40 = -M \times 200 \longrightarrow M = \frac{-40}{-200} = 0.2\ H$

3 - عند ثبوت التيار يكون ($\frac{\Delta I_1}{\Delta t} = 0$)

$V_{app} = L\,\frac{\Delta I_1}{\Delta t} + I_{inst}\,R$

$100 = 0 + I_{const} \times 20 \longrightarrow I_{const} = \frac{100}{20} = 5\ A$

4 - بما ان الحلقة مقفلة . اذن الاقتران تام بين الملفين :

$M = \sqrt{L_1 \times L_2}$

$0.2 = \sqrt{0.5 \times L_2}$ (بالتربيع) $\longrightarrow L_2 = \frac{0.04}{0.5} = 0.08\ H$

خلاصة الفصل الثاني

في الفصل الثاني هنالك اربع ظواهر فيزيائية وهي :

اولا : ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي :

هي ظاهرة تولد قوة دافعة كهربائية محتثة ε_{ind} على طرفي موصل موضوع في مجال مغناطيسي بسبب الحركة النسبية بين الموصل والمجال المغناطيسي مقترنة بتغير الفيض المغناطيسي الذي يخترق الموصل .

واذا كان هذا الموصل سواء كان (ساق او ملف) جزءا من دائرة كهربائية مقفلة فسوف يسري تيار محتث في هذه الدائرة .

ويحدد اتجاه هذا التيار المحتث قانون لنز . ويعطى مقداره بالعلاقة :

و تعطى (ق . د . ك) المحتثة بالعلاقة عندما يكون هذا الموصل عبارة عن :

1 - (ساق) $\varepsilon_{motional} = \upsilon B \ell$

2 - (ملف) $\varepsilon_{ind} = -N \dfrac{\Delta \Phi_B}{\Delta t}$

للساق $I = \dfrac{\varepsilon_{motional}}{R}$ للملف $I = \dfrac{\varepsilon_{ind}}{R}$

★★ وان سبب تولد (ق . د . ك) المحتثة هو وجود قوة مغناطيسية (F_B) تؤثر على الشحنات الموجبة والسالبة للساق . ويحدد اتجاهها : حسب قاعدة الكف اليمنى فتتجمع الشحنات الموجبة على احد طرفي الساق وتتجمع الشحنات السالبة على الطرف الاخر فيتولد فرق جهد كهربائي بين طرفي الساق . وتعطى هذه القوة بالعلاقة $F_B = q\,\upsilon\,B\,\sin\theta$

ثانيا : وجود قوة مغناطيسية عمودية تؤثر على موصل (او ملف) يمر به تيار محتث وموجود داخل مجال مغناطيسي . وتعطى هذه القوة بالعلاقة

$$F_{B2} = I \ell B$$

وهي اساس عمل المحرك الكهربائي وتكون عكس اتجاه السرعة υ فتعمل على عرقلة حركة الساق ، تسبب في تباطؤ حركته ولكي نجعل الساق تتحرك بسرعة ثابتة يجب تسليط قوة خارجية (F_{pull}) تساوي القوة المغناطيسية (F_{B2}) بالمقدار وتعاكسها بالاتجاه فتصبح المعادلة بالصورة التالية :

$$F_{pull} = F_{B2} = I \ell B = \frac{\upsilon B \ell}{R} \ell B = \frac{\upsilon B^2 \ell^2}{R}$$

ثالثا : ظاهرة الحث الذاتي : هي ظاهرة تولد قوة دافعة كهربائية محتثة ε_{ind} في ملف نتيجة تغير مقدار التيار المنساب لوحدة الزمن في الملف نفسه . و تعطى (ق . د . ك) المحتثة بالعلاقة

$$\varepsilon_{ind} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

وتعطى الطاقة المختزنة في المجال المغناطيسي للملف بالعلاقة

$$PE = \frac{1}{2} \times L I^2$$

☆ وعند ربط الملف مع مقاومة على التوالي الى مصدر مستمر (بطارية) فان معادلة الحث الذاتي تصبح :

$$V_{app} = \varepsilon_{ind} + I_{inst} R$$

$$V_{app} = L \frac{\Delta I}{\Delta t} + I_{inst} R$$

$$V_{app} = N \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} + I_{inst} R$$

ويأتي السؤال على الدائرة الحثية بشكل اربع صيغ :

1 - لحظة اغلاق المفتاح : فيصبح ($I_{inst} = 0$) في جميع المعادلات المجاورة .

2 - لحظة ثبوت التيار : فيصبح ($\dfrac{\Delta I}{\Delta t} = 0$) في المعادلات والتيار الثابت $I_{const} = \dfrac{V_{app}}{R}$

3 - عند وجود نسبة منوية التيار (70 % مثلا): فأننا نأخذ الباقي من النسبة وتصبح المعادلة

$$\varepsilon_{ind} = \frac{30}{100} \times V_{app}$$

4 - عند وجود نسبة منوية لل(ق.د.ك) المحتثة (70 % مثلا): فأننا لا نأخذ الباقي من النسبة وتصبح المعادلة

$$\varepsilon_{ind} = \frac{70}{100} \times V_{app}$$

رابعا : ظاهرة الحث المتبادل : هي ظاهرة تولد قوة دافعة كهربائية محتثة ε_{ind} في ملف ثانوي نتيجة تغير مقدار التيار المنساب لوحدة الزمن في ملف اخر مجاور له او يحيط به ابتدائي . و تعطى ق . د . ك المحتثة بالعلاقة

$$\varepsilon_{ind(2)} = -M \frac{\Delta I_1}{\Delta t}$$

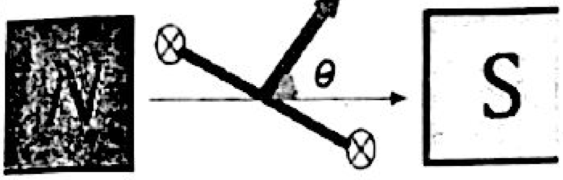
العلاقة بين معامل الحث الذاتي ومعامل الحث المتبادل عندما يكون الاقتران تام (التواشج تام) بين الملفين هي : $M = \sqrt{L_1 \times L_2}$

العلاقة بين السرعة الزاوية (ω) والتردد (f) $\omega = 2\pi f$

العلاقة بين الفيض المغناطيسي (Φ_B) وكثافة الفيض المغناطيسي (B) هي : $\Phi_B = B A \cos\theta$

حيث ان (θ) هي الزاوية المحصورة بين (B) والعمود المقام على مستوي الملف (المساحة A) .

ويمكن تغيير الفيض المغناطيسي (Φ_B) للملف بأحدى الطرق :



1 - تغيير الزاوية (θ) بين متجه المساحة ($\vec{A}$) ومتجه كثافة الفيض ($\vec{B}$).

2 - تغيير مساحة الملف او الحلقة المواجهة للفيض المغناطيسي Φ_B المنتظم .

3 - بتحريك الحلقة الموصلة بمستوي عمودي على فيض مغناطيسي منتظم .

هنالك قانون يسمى قانون لنز ينص على ان: التيار المحتث في دائرة كهربائية مقفلة يمتلك اتجاهاً بحيث ان مجاله المغناطيسي المحتث يكون معاكساً بتأثيره للتغير في الفيض المغناطيسي الذي ولد هذا التيار .

الفائدة منه : تعين اتجاه التيار المحتث في دائرة كهربائية مقفلة . ويعد تطبيقاً لقانون حفظ الطاقة .

و اذا كان القطب القريب للناظر شمالي (N) يكون التيار عكس دوران عقارب الساعة .

و اذا كان القطب القريب للناظر جنوبي (S) يكون التيار مع أتجاه دوران عقارب الساعة .

وبالنتيجة : في حالة عند الاقتراب يتولد قطب مشابه وعند الابتعاد يتولد قطب مخالف .

التيارات الدوامة : هي عبارة عن تيارات كهربائية محتثة تظهر في الموصلات نتيجة لتعرضها لتغير في الفيض المغناطيسي Φ_B .

تمتاز بما يلي : 1 - تكون كبيرة المقدار بسبب صغر مقاومة الموصل .   2 - تشبه التيارات الدوامة المتولدة في الماء والهواء .

3 - تكون على شكل مسارات دائرية مقفلة ومتمركزة وبمستويات عمودية على الفيض المغناطيسي (Φ_B) المسبب لها.

تحديد اتجاهها : يحدد اتجاهها طبقاً لقانون لنز وقاعدة الكف اليمنى .

سبب نشوها : بسبب تغير الفيض المغناطيسي Φ_B المواجه لحلقة موصلة لسبب او لاخر تنشأ قوة دافعة كهربائية محتثة $\mathcal{E}_{ind}$ وينساب تيار محتث في الحلقة اذا كانت مقفلة ويكونان باتجاه معين في الحالة التي يكون فيها الفيض المغناطيسي المؤثر متزايداً مع الزمن وباتجاه معاكس اذا كان متناقصاً مع الزمن .

المولد الكهربائي

جهاز يقوم بتحويل الطاقة الميكانيكية الى طاقة كهربائية بتاثير مجال مغناطيسي

اساس عمله : (ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي) وهو على نوعين :

1- مولد التيار المتناوب ($a . c$) (احادي الطور او ثلاثي الطور)

2 - مولد التيار المستمر ($d . c$)

وتعطى (ق . د . ك) المحتثة الآنية بالعلاقة :

$$\mathcal{E}_{ind} = N B A \omega \sin(\omega t)$$

وتعطى الفولتية العظمى بالعلاقة : $\mathcal{E}_{max} = N B A \omega$

حيث ان : $\mathcal{E} = \mathcal{E}_{max} \sin(\omega t)$ الفولتية الآنية

يعطى التيار الآني بالعلاقة : $I = \dfrac{N B A \omega \sin(\omega t)}{R}$

ويعطى التيار الاعظم بالعلاقة : $I_{max} = \dfrac{N B A \omega}{R}$

حيث ان : $I = I_{max} \sin(\omega t)$ التيار الآني

المحرك الكهربائي

جهاز يقوم بتحويل الطاقة الكهربائية الى طاقة ميكانيكية بتاثير مجال مغناطيسي

اساس عمله : وجود قوة مغناطيسية تؤثر في موصل يمر به تيار كهربائي وموجود داخل مجال مغناطيسي

وتعطى (ق.د.ك) المحتثة المضادة بالعلاقة :

$$\mathcal{E}_{back} = -N \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t}$$

ويعطى التيار المار في نواة المحرك بالعلاقة :

$$I = \frac{V_{appild} - \mathcal{E}_{back}}{R}$$

او

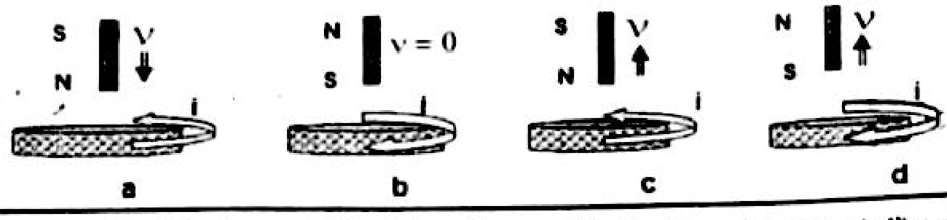
$$V_{appild} - \mathcal{E}_{back} = I R$$

وتصبح ($\mathcal{E}_{back} = 0$) عند لحظة بدء تشغيل المحرك اوعند توقف نواته عن الدوران بعامل ميكانيكي . ويزداد مقدارها بأزدياد سرعة الدوران

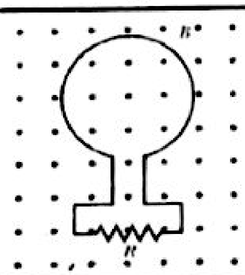
حل اسئلة الفصل الثاني

1 اختر العبارة الصحيحة لكل من العبارات الآتية :

1- أي من الاشكال الآتية لاحظ الشكل يتبين فيه الاتجاه الصحيح للتيار الكهربائي المحتث في الحلقة الموصلة : الجواب (a)



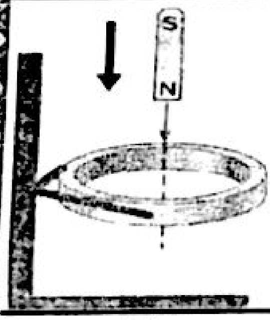
2 - في الشكل المقابل حلقة مصنوعة من النحاس وضعت في مستوي الورقة وموصولة مع المقاومة R سلط مجال مغناطيسي باتجاه عمودي على مستوي الورقة خارجا من الورقة في أي حالة من الحالات التالية ينساب تيار محتث في المقاومة R اتجاهه من اليسار نحو اليمين :



(a) عند تزايد الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة . (c) عند ثبوت الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة

(b) عند تناقص الفيض المغناطيسي الذي يخترق الحلقة . (d) جميع الاحتمالات المذكورة انفا .

3 - عند سقوط الساق المغناطيسية خلال حلقة واسعة من الالمنيوم موضوعة افقياً بوساطة حامل تحت الساق كما في الشكل فاذا نظرت الى الحلقة من موقع فوقها وباتجاه السهم لتحديد اتجاه التيار المحتث فيها فان اتجاه التيار المحتث في الحلقة يكون :

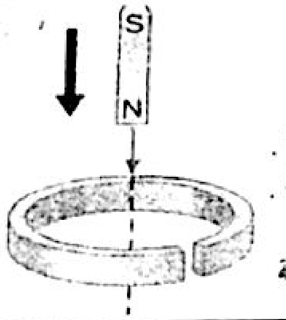


(a) دائما باتجاه دوران عقارب الساعة . (b) دائما باتجاه معاكس لدوران عقارب الساعة .

(c) باتجاه دوران عقارب الساعة ثم يكون صفرا للحظة ثم يكون باتجاه معاكس لدوران عقارب الساعة .

(d) باتجاه معاكس لدوران عقارب الساعة ثم يكون صفرا للحظة ثم يكون باتجاه دوران عقارب الساعة .

4 - عند سقوط الساق المغناطيسية خلال حلقة من الالمنيوم غير مقفلة موضوعة افقياً تحت الساق كما في الشكل المقابل :



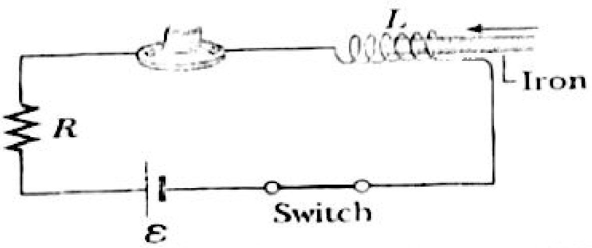
(a) تتأثر الساق بقوة تنافر في اثناء اقترابها من الحلقة ، ثم تتأثر بقوة تجاذب في اثناء ابتعادها عن الحلقة .

(b) تتأثر الساق بقوة تجاذب في اثناء اقترابها من الحلقة ، ثم تتأثر بقوة تنافر في اثناء ابتعادها عن الحلقة .

(c) لا تتأثر الساق باي قوة في اثناء اقترابها من الحلقة ولا في اثناء ابتعادها عن الحلقة .

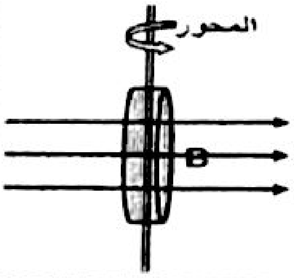
(d) تتأثر الساق بقوة تنافر في اثناء اقترابها من الحلقة وكذلك تتأثر بقوة تنافر في اثناء ابتعادها عن الحلقة

5 - في الشكل المقابل ملف محلزن مجوف مربوط على التوالي مع مصباح كهربائي ومقاومة وبطارية ومفتاح وعندما كان المفتاح في الدائرة مغلقاً كانت شدة توهج المصباح ثابتة . اذا ادخلت ساق من الحديد المطاوع في جوف الملف فان توهج المصباح في اثناء دخول الساق



(a) يزداد . (b) يقل . (c) يبقى ثابتاً . (d) يزداد ثم يقل .

6 - عندما يدور ملف دائري حول محور شاقولي موازي لوجه الملف داخل مجال مغناطيسي كثافة فيضه منتظمة B افقية كما في الشكل تولد اعظم مقدار للقوة الدافعة الكهربائية المحتثة $\mathcal{E}_{max}$. وعند زيادة عدد لفات الملف الى ثلاثة امثال ما كانت عليه وتقليل قطر الملف الى نصف ما كان عليه ومضاعفة التردد الدوراني للملف فان المقدار الاعظم للقوة الدافعة الكهربائية المحتثة $\mathcal{E}_{max}$ سيكون



(a) $(3/2)\,\mathcal{E}_{max}$ (b) $(1/4)\,\mathcal{E}_{max}$ (c) $(1/2)\,\mathcal{E}_{max}$ (d) $(3)\,\mathcal{E}_{max}$

7 - تتحقق ظاهرة الحث الذاتي في ملف معين عندما :
(a) تسحب ساق مغناطيسية بعيداً عن وجه الملف .
(b) يوضع هذا الملف بجوار ملف اخر ينساب فيه تيار كهربائي متغير المقدار لوحدة الزمن .
(c) ينساب في هذا الملف تيار كهربائي متغير المقدار لوحدة الزمن . (d) تدوير هذا الملف داخل مجال مغناطيسي منتظم .

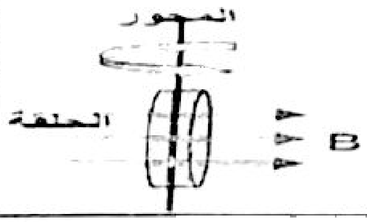
8 - مقدار القوة الدفعة الكهربائية المحتثة على طرفي ساق موصلة تتحرك نسبة لمجال مغناطيسي في حالة سكون لا يعتمد على :
(a) طول الساق . (b) قطر الساق . (c) وضعية الساق نسبة للفيض المغناطيسي . (d) كثافة الفيض المغناطيسي .

9 - عندما تقل المرعة الزاوية لدوران ملف نواة المحرك الكهربائي نتيجة لازدياد الحمل الموصول مع ملفه تتسبب في هبوط مقدار :
(a) القوة الدافعة الكهربائية المحتثة المضادة . (b) الفولطية الموضوعة على طرفي ملف النواة .
(c) التيار المنساب في دائرة المحرك . (d) فرق الجهد الضائع (IR) بين طرفي ملف النواة .

10- يمكن ان يستحث تياركهربائي في حلقة موصلة ومقفلة في العمليات التالية ما عدا واحدة منها فالعملية التي لا يستحث فيها التيارهي
(a) حلقة موصلة ومقفلة تدور حول محور مواز لمستواها وعمودي على فيض مغناطيسي منتظم .
(b) وضع حلقة موصلة ومقفلة ومتجه مساحتها مواز لفيض مغناطيسي متغير لوحدة الزمن .
(c) وضع حلقة موصلة ومقفلة ومتجه مساحتها عمودياً على فيض مغناطيسي متغير لوحدة الزمن .
(d) حلقة موصلة ومقفلة متجه مساحتها مواز لفيض مغناطيسي منتظم كبست من جانبيها المتقابلين .

11 - وحدة قياس كثافة الفيض المغناطيسي هي :
(a) $Weber$ (b) $Weber/S$ (c) $Weber/m^2$ (d) $Weber.S$

12 - في الشكل ادناه عندما تدور حلقة موصلة حول محور شاقولي مواز لوجهها ومار من مركزها والمحور عمودي على فيض مغناطيسي افقي ومنتظم . فان قطبية القوة الدافعة الكهربائية المحتثة تكون دالة جيبية تتغير مع الزمن وتنعكس مرتين خلال كل :
(a) دورة واحدة . (b) ربع دورة (c) نصف دورة . (d) دورتين .



13 - معامل الحث الذاتي لملف لايعتمد على : (a) عدد لفات الملف . (c) المعدل الزمني للتغير في التيار المنساب في الملف .
(b) الشكل الهندسي للملف . (d) النفوذية المغناطيسية للوسط في جوف الملف .

2 علل : 1 - يتوهج مصباح النيون المربوط على التوازي مع ملف بضوء ساطع لبرهة قصيرة من الزمن لحظة فتح المفتاح على الرغم من فصل البطارية عن الدائرة ولا يتوهج عند اغلاق المفتاح .

ج / عند فتح المفتاح : يكون تلاشي التيار سريعاً خلال الملف فتتولد على طرفيه قوة دافعة كهربائية محتثة كبيرة المقدار تكون كافية لتوهجه فيعمل الملف في هذه الحالة كمصدر طاقة يجهز المصباح بفولطية تكفي لتوهجه .

فيكون Δt صغير جداً ⟸ فيكون $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ كبيرة جداً ⟸ فتكون ε_{ind} كبيرة جداً يؤدي الى توهج مصباح النيون

عند اغلاق المفتاح : يكون نمو التيار من الصفر الى مقداره الثابت بطيئاً نتيجة لتولد قوة دافعة كهربائية محتثة في الملف تعرقل المسبب لها حسب قانون لنز . لذا تكون الفولطية المتولدة صغيرة المقدار على طرفي الملف لا تكفي لتوهج المصباح .

فيكون Δt كبيراً جداً ⟸ فيكون $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ صغيرة جداً ⟸ فتكون ε_{ind} صغيرة جداً يؤدي الى عدم توهج مصباح النيون

2 - يغلي الماء داخل الاناء المعدني الموضوع على السطح العلوي لطباخ حثي ولا يغلي الماء الذي في داخل اناء زجاجي موضوع مجاور له وعلى السطح العلوي للطباخ نفسه .

ج / لانه يوضع تحت السطح العلوي للطباخ ملف سلكي ينساب فيه تيار متناوب ويحث هذا التيار مجالا مغناطيسيا متناوبا ينتشر نحو الخارج وبمرور التيار المتناوب خلال قاعدة الاناء المصنوع من المعدن تتولد تيارات دوامة في قاعدة الاناء وبذلك تسخن قاعدة الاناء فيغلي الماء الذي يحتويه . اما الوعاء من الزجاج لا تتولد تيارات دوامة في قاعدته (لأن الزجاج مادة عازلة) فلا تتولد فيه حرارة فلا يسخن الماء الذي يحتويه .

3 - اذا تغير تيار كهربائي منساب في أحد ملفين متجاورين يتولد تيار محتث في الملف الاخر .

ج / حسب ظاهرة الحث المتبادل بين ملفين متجاورين فاذا تغير التيار المنساب في الملف الابتدائي لوحدة الزمن فانه يغير الفيض المغناطيسي $\Phi_{B(2)}$ الذي يخترق الملف الثانوي لوحدة الزمن وعلى وفق قانون فراداي في الحث الكهرومغناطيسي تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة ε_{ind} في الملف الثانوي ذو عدد لفات N_2 وتعطى بالعلاقة : $\varepsilon_{ind(2)} = -N_2 \dfrac{\Delta \Phi_{B(2)}}{\Delta t}$

ويمكن ان تعطى $\varepsilon_{ind(2)}$ العلاقة الآتية : $\varepsilon_{ind(2)} = -M \dfrac{\Delta I_1}{\Delta t}$. وعندها يمر تيار محتث في دائرة الملف الثانوي المقفلة .

3 وضح كيف يمكنك عمليا معرفة فيما اذا كان مجالاً مغناطيسياً ام مجالاً كهربائياً موجوداً في حيّز معين ؟

ج / يتم ذلك بقذف جسيم مشحون (بشحنة سالبة او موجبة) بسرعة $\vec{v}$ داخل هذا المجال ونلاحظ :

1 - اذا انحرف الجسيم المشحون بموازاة المجال الموجود في الحيز هو مجال كهربائي .

2 - اذا انحرف الجسيم المشحون باتجاه عمودي على المجال الموجود في الحيز هو مجال مغناطيسي .

4 عند دوران ملف مساحة اللفة الواحدة فيه (A) بسرعة زاوية (ω) داخل مجال مغناطيسي كثافة فيضه ($\vec{B}$) منتظمة . فأن الفيض المغناطيسي الذي يخترق اللفة الواحدة يعطى بشكل دالة جيب تمام [$\Phi_B = BA\cos(\omega t)$]

في حين تعطى القوة الدافعة الكهربائية المحتثة على طرفي هذا الملف بشكل دالة جيبية [$\varepsilon_{ind} = NBA\omega \sin(\omega t)$]

وضح ذلك بطريقة رياضية .

ج / الفيض المغناطيسي الذي يخترق اللفة الواحدة من الملف عند أية لحظة زمنية يعطى بالعلاقة : $\Phi_B = BA\cos\theta$

بما ان : $\theta = \omega t$ فان الفيض المغناطيسي يصبح : $\Phi_B = BA\cos(\omega t)$

وهو دالة جيب تمام $\cos(\omega t)$ تتغير مع الزمن

وعند خذ المعدل الزمني للتغير بالفيض المغناطيسي الذي يخترق اللفة الواحدة فان : $\dfrac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} = -BA\omega \sin(\omega t)$

لان مشتقة [$\Delta \cos(\omega t)$] تكون [$-\omega \sin(\omega t)$]

وحسب قانون فراداي في الحث الكهرومغناطيسي فأن القوة الدافعة الكهربائية المحتثة ε_{ind} في الملف تكون :

$$\varepsilon_{ind} = -N\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} = -N(-BA\omega \sin(\omega t))$$

$$\varepsilon_{ind} = NBA\omega \sin(\omega t) \Longrightarrow \varepsilon_{ind} = \varepsilon_{max}\, \omega \sin(\omega t)$$ (و . هـ . م)

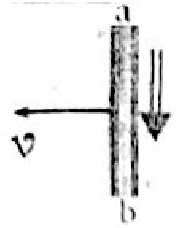
5 ما المقصود بالمجالات الكهربائية الغير مستقرة .

ج / وهي المجالات الكهربائية غير المستقرة التي تنشأ بوساطة التغيرات الحاصلة في المجال المغناطيسي .

6 اذكر بعض المجالات التي تستثمر فيها التيارات الدوامة . ووضح كل منها .

الجواب / في صفحة (8)

7 اذا تحركت الساق الموصلة في (ab) كما في الشكل المقابل في مستوي الورقة افقيا نحو اليسار داخل مجال مغناطيسي منتظم مسلط عموديا على الورقة متجها نحو الناظر يتولد مجال كهربائي داخل الساق يتجه نحو الطرف (b)اما اذا تحركت هذه الساق نحو اليمين وداخل المجال المغناطيسي نفسه ينعكس اتجاه المجال الكهربائي في داخلها بأتجاه الطرف (a) ما تفسير ذلك ؟

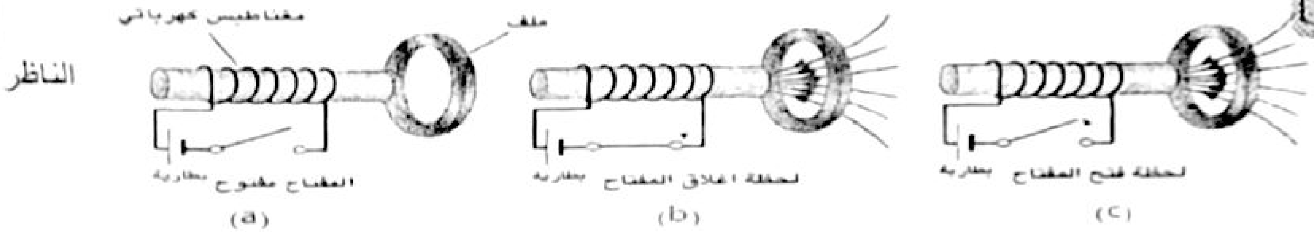


ج / عندما تكون حركة الساق نحو اليسار عمودياً على الفيض المغناطيسي فان القوة المغناطيسية (F_B) تؤثر في الشحنات الموجبة يكون اتجاهها نحو الطرف (a) (حسب قاعدة الكف اليمنى) فتتجمع الشحنات الموجبة على الطرف (a) للساق وتتجمع الشحنات السالبة على الطرف (b) . لذا يكون اتجاه المجال الكهربائي (E) من (a) نحو الطرف (b) .

وبانعكاس اتجاه حركة الساق نحو اليمين ينعكس اتجاه القوة المغناطيسية (F_B) لذلك تتجمع الشحنات الموجبة في الطرف (b) للساق وتتجمع الشحنات السالبة على الطرف (a) . لذا يكون اتجاه المجال الكهربائي (E) من (b) نحو الطرف (a) .

---

8 عين اتجاه التيار المحتث في الحلقة المقابلة الملف السلكي في الاشكال الثلاث التالية :



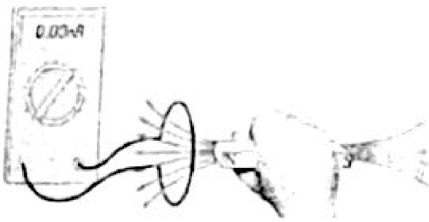
ج / (a) في حالة المفتاح مفتوح : يكون مقدار التيار صفراً (لا يتوافر تغير في الفيض المغناطيسي الذي يخترق الملف $\Delta \Phi_B = 0$) لذا فان التيار المحتث يساوي صفراً في الملف ($I_{ind} = 0$) .

(b) في حالة إغلاق المفتاح : يحصل تزايد في الفيض المغناطيسي ($\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} > 0$) الذي يخترق الملف ($\Delta \Phi = \Phi_2 - 0$)
فاذا نظرنا الى وجه الحلقة من الجهة اليسرى فان اتجاه التيار المحتث يكون بأتجاه دوران عقارب الساعة .
للملف / قطب جنوبي نحو اليمين وقطب شمالي نحو اليسار (حسب قاعدة الكف اليمنى) .
للحلقة / قطب شمالي نحو اليمين وقطب جنوبي نحو اليسار (حسب قانون لنز) . اتجاه التيار المحتث بأتجاه دوران عقارب الساعة

(c) في حالة فتح الدائرة بالمفتاح : يحصل تلاشي في الفيض المغناطيسي $\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} < 0$ الذي يخترق الملف ($\Delta \Phi = 0 - \Phi_2$)
فاذا نظرنا الى وجه الحلقة من الجهة اليسرى فان اتجاه التيار المحتث يكون معاكساً لاتجاه دوران عقارب الساعة .
للملف / قطب جنوبي نحو اليمين وقطب شمالي نحو اليسار (حسب قاعدة الكف اليمنى) .
للحلقة / قطب جنوبي نحو اليمين وقطب شمالي نحو اليسار (حسب قانون لنز) . اتجاه التيار المحتث عكس دوران عقارب الساعة

---

9 افترض ان الملف والمغناطيس الموضح في الشكل المقابل كل منهما يتحرك بالسرعة نفسها نسبة الى الارض هل ان الملي اميتر الرقمي (او الكلفانوميتر) المربوط مع الملف . يشير الى انسياب تيار في الدائرة ؟ وضح ذلك .



ج / كـلا . لأنه لا ينساب تيار محتث في الدائرة وذلك لعدم توافر حركة نسبية بين المغناطيس والحلقة تسبب تغيراً في الفيض المغناطيسي لوحدة الزمن .

---

10 ما الكميات الفيزيائية التي تقاس بالوحدات الاتية :

(a) *Weber* ⇨ (الفيض المغناطيسي Φ_B)

(b) *Weber*/ m^2 ⇨ (كثافة الفيض المغناطيسي B)

(c) *Weber*/ *S* ⇨ (المعدل الزمني لتغير الفيض المغناطيسي)

(d) *Teslla* ⇨ (كثافة الفيض المغناطيسي B)

(e) *Henry* ⇨ (معامل الحث الذاتي L ومعامل الحث المتبادل M)

11 كيف تعمل التيارات الدوامة على كبح اهتزاز الصفيحة المعدنية المهتزة عمودياً على مجال مغناطيسي منتظم ؟

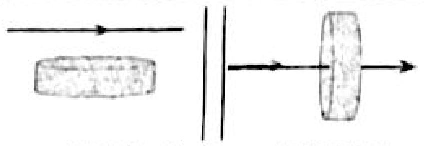
ج / بسبب تولد التيارات المحتثة الدوامة في الصفيحة والتي تعمل على توليد مجال مغناطيسي محتث (B_{in}) معاكس لاتجاه المجال المغناطيسي المؤثر (B) ونتيجة لذلك تتولد قوة تنافر مغناطيسية معرقلة لاتجاه حركة الصفيحة داخل المجال المغناطيسي فتعمل على كبح اهتزازها (على وفق قانون لنز) .

12 شريحة من النحاس وضعت بين قطبي مغناطيس كهربائي منتظم كثافة فيضه كبيرة وبمستوي شاقولي وكان مستوي الصفيحة عموديا على الفيض المغناطيسي . وعندما سحبت الصفيحة افقيا بسرعة معينة لاخراجها من المجال وجد ان عملية السحب تتطلب تسليط قوة معينة . ويزداد مقدار القوة الساحبة بازدياد مقدار تلك السرعة ما تفسير الحالتين ؟

ج / نتيجة للحركة النسبية بين الصفيحة المعدنية والفيض المغناطيسي تتولد تيارات دوامة في سطح الصفيحة المعدنية على وفق قانون فراداي في الحث الكهرومغناطيسي تتولد قوة مغناطيسية (F_B) معرقلة لاتجاه حركة الصفيحة على وفق قانون لنز .

وبازدياد مقدر تلك السرعة تزداد القوة المغناطيسية (F_B) المعرقلة . حيث ان : $F_{pull} = F_B = q\,v\,B$ (الساحبة)

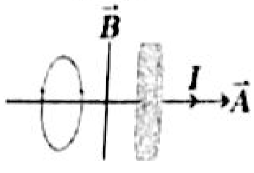
13 في كل من الشكلين المقابلين سلك نحاسي وحلقة من النحاس مقفلة . في أي وضعية ينساب تيار محتث في الحلقة عندما يتزايد التيار الكهربائي المنساب في السلك في كل من الحالتين ؟ وضح ذلك .


الشكل(76) الشكل(75)

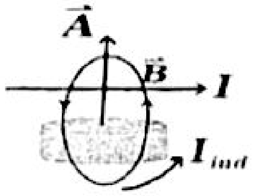
الجواب /

في الشكل (75) لا ينساب تيار محتث في الحلقة لان كثافة الفيض المغناطيسي يكون موازياً لمستوى الحلقة فتكون الزاوية تساوي 90° . $\Phi_B = BA\cos\theta = BA\cos 90^\circ = 0$

ففي هذه الحالة لا يتوافر فض مغناطيسي يخترق الحلقة .



في الشكل (76) ينساب تيار محتث وباتجاه معاكس لدوران عقارب الساعة . لان المجال المغناطيسي حول السلك يخترق الحلقة ويكون اتجاهه نحو الأعلى ومتزايداً . فتكون الزاوية تساوي 0° .



$\Phi_B = BA\cos\theta = BA\cos 0^\circ = BA$ أعظم مقدار

14 يتوافر لك سلك ذو طول ثابت وترغب في الحصول على مولد بسيط يجهزك باعظم مقدار للقوة الدافعة الكهربائية . أيتطلب منك ان تجعل السلك بشكل ملف ذي لفة واحدة دائرية الشكل ؟ ام ملف ذي لفتين دائريتي الشكل ؟ او ملف ذي ثلاث لفات دائرية الشكل ؟ عند تدوير الملف الذي تحصل عليه بسرعة زاوية معينة داخل مجال مغناطيسي منتظم ؟ وضح اجابتك .

ج / نجعل السلك بشكل ملف ذي لفة دائرية واحدة ليت تجهيز أعظم مقدار للقوة الدافعة الكهربائية .

بما ان طول السلك ثابت فعند مضاعفة عدد لفات الملف فأن قطر الدائرة يقل الى نصف ما كان عليه فتقل مساحة الملف الى ربع ما كانت عليها . وبالتالي نقصان ق . د . ك الى النصف .

$$\frac{\mathcal{E}_{max\,1}}{\mathcal{E}_{max\,2}} = \frac{N_1 r_1^2}{N_2\ r_2^2} = \frac{N_1 \times r_1^2}{2N_1 \times (\frac{1}{2}r_1)^2} = \frac{1 \times r_1^2}{2 \times 1/4\ r_1^2} = \frac{2}{1} \Rightarrow \mathcal{E}_{max2} = \frac{1}{2}\mathcal{E}_{max1}$$

وعند زيادة عدد اللفات ثلاثة اضعاف فان قطر الدائرة يقل الى ثلث ما كان عليه فتقل مساحة الملف مما يؤدي الى نقصان ق . د . ك الى ربع ما كانت عليها

$$\frac{\mathcal{E}_{max\,1}}{\mathcal{E}_{max\,2}} = \frac{N_1 r_1^2}{N_2\ r_2^2} = \frac{N_1 \times r_1^2}{3N_1 \times (\frac{1}{3}r_1)^2} = \frac{1 \times r_1^2}{3 \times 1/9\ r_1^2} = \frac{3}{1} \Rightarrow \mathcal{E}_{max2} = \frac{1}{3}\mathcal{E}_{max1}$$

15 في معظم الملفات يصنع القلب بشكل سيقان متوازية من الحديد المطاوع معزولة عن بعضها ومكبوسة كبساً شديداً بدلاً من قلب من الحديد مصنوع كقطعة واحدة لاحظ الشكل المقابل . ما الفائدة العملية من ذلك ؟



ج / لتقليل تأثير التيارات الدوامة فتقل خسارة القدرة الناتجة عنها وبذلك تقل الطاقة الحرارية الناتجة عنها ، وهذا مما يزيد من كفاءة المحولة ولا تسرع في تلفها .

حل مسائل فصل الثاني

1 ملف سلكي دائري الشكل عدد لفاته (40) لفة ونصف قطره (30 cm) وضع بين قطبي مغناطيس كهربائي فاذا تغيرت كثافة الفيض المغناطيسي المارة خلال الملف من (0.0 T) الى (0.5 T) خلال زمن قدره (4 S) . ما مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف عندما يكون :(a) متجه مساحة اللفة الواحدة من الملف بموازاة متجه كثافة الفيض المغناطيسي ؟ (b) متجه كثافة الفيض المغناطيسي يصنع زاوية قياسها (30°) مع مستوى الملف ؟

الحل /

$$A = \pi r^2 = 3.14 \times (0.3)^2 = 0.09\ \pi\ m^2$$

(a) $$\mathcal{E}_{ind} = -N\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} = -N\frac{A\ \Delta B\ \cos\theta}{\Delta t} = -40 \times \frac{0.09\ \pi\ (0.5-0)\cos 0^\circ}{4} = -0.45\ \pi\ v$$

(b) $$\theta = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$$

$$\mathcal{E}_{ind} = -N\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} = -N\frac{A\ \Delta B\ \cos 60^\circ}{\Delta t} = -40 \times \frac{0.09\ \pi\ (0.5-0) \times 0.5}{4} = -0.225\ \pi\ v$$

---

2 ملف لمولد دراجة هوائية قطره (4 cm) وعدد لفاته (50) لفة يدور داخل مجال مغناطيسي منتظم كثافة ($\frac{1}{\pi}$ T) وكان اعظم مقدار للفولطية المحتثة على طرفي الملف (16 v) والقدرة العظمى المجهزة للحمل فيضه المربوط مع المولد (12 W) ما مقدار : 1 ـ السرعة الزاوية التي تدور بها نواة المولد ؟ 2 ـ المقدار الاعظم للتيار المنساب في الحمل ؟

الحل /

1 - $$r = \frac{R}{2} = \frac{4}{2} = 2\ cm = 0.02\ m \Rightarrow A = \pi r^2 = \pi \times (0.02)^2 = 4 \times 10^{-4}\ \pi\ m^2$$

$$\mathcal{E}_{max} = N B A \omega \Rightarrow 16 = 50 \times \frac{1}{\pi} \times 4 \times 10^{-4}\ \pi \times \omega \Rightarrow \omega = 800\ \frac{rad}{s}$$

2 - $$P_{max} = V_{max} \times I_{max} \Rightarrow 12 = 16 \times I_{max} \Rightarrow I_{max} = 0.75\ A$$

---

3 ملف سلكي مستطيل الشكل عدد لفاته (50) لفة وابعاده (10 cm) (4 cm) يدور بسرعة زاوية منتظمة مقدارها (15π rad / S) داخل مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه ($0.8\ Wb/m^2$) احسب :

1 ـ المقدار الاعظم للقوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف .

2 ـ القوة الدافعة الكهربائية الآنية المحتثة في الملف بعد مرور (1 / 90 S) من الوضع الذي كان مقدار القوة الدافعة المحتثة صفراً .

الحل /

1 - $$A = 0.1 \times 0.04 = 4 \times 10^{-3}\ m^2$$

$$\mathcal{E}_{max} = N B A \omega = 50 \times 0.8 \times 4 \times 10^{-3} \times 15\pi = 2.4\ \pi\ v$$

2 - $$\theta = 15\pi \times 1/90 = \frac{15 \times 180}{90} = 30$$

$$\mathcal{E}_{inst} = \mathcal{E}_{max} \sin\theta = 2.4\ \pi \times \sin 30^\circ = 1.2\ \pi\ v$$

4 في الشكل المقابل حلقة موصلة دائرية مساحتها ($626\ cm^2$) ومقاومتها ($9\ \Omega$) موضوعة في مستوى الورقة سلط عليها مجال مغناطيسي منتظم كثافة فيضه ($0.15\ T$) باتجاه عمودي على مستوى الحلقة . سحبت الحلقة من جانبيها بقوتي شد متساويتين فبلغت مساحتها ($26\ cm^2$) خلال فترة زمنية ($0.2\ S$) .احسب مقدار التيار المحتث في الحلقة ؟

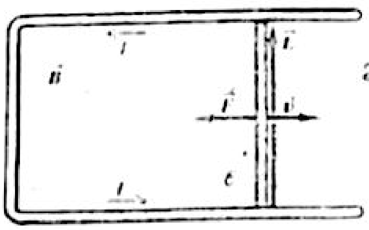
الحل /

$$\mathcal{E}_{ind} = -N\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} = -N\frac{\Delta A\ B}{\Delta t} = -1 \times \frac{(26 \times 10^{-4} - 626 \times 10^{-4}) \times 0.15}{0.2} = +\ 0.045\ v$$

$$I = \frac{\mathcal{E}_{ind}}{R} = \frac{0.045}{9} = 0.005\ \ A$$

5 افرض ان الساق الموصلة في الشكل طولها ($0.1\ m$) ومقدار السرعة التي يتحرك بها ($2.5\ \ m/s$) والمقاومة الكلية للدائرة (الساق والسكة) مقدارها ($0.03\ \Omega$) وكثافة الفيض المغناطيسي ($0.6\ T$) احسب مقدار :

1 - القوة الدافعة الكهربائية المحتثة على طرفي الساق ؟
2 - التيار المحتث في الحلقة ؟ 3 - القوة الساحبة للساق ؟
4 - القدرة المتبددة في المقاومة الكلية للدائرة .



الحل /

1 - $\mathcal{E}_{motional} = v B \ell = 2.5 \times 0.6 \times 0.1 = 0.15\ v$

2 - $I = \frac{\mathcal{E}_{motional}}{R} = \frac{0.15}{0.03} = 5\ \ A$

3 - $F_{pull} = I \ell B = 5 \times 0.1 \times 0.6 = 0.3\ N$ حل اخر $F_{pull} = \frac{v B^2 \ell^2}{R} = \frac{2.5 \times (0.6)^2 \times (0.1)^2}{0.03} = 0.3\ N$

4 - $P_{disp} = I^2 \times R = 5^2 \times 0.03 = 0.75\ W$

6 اذا كانت الطاقة المغناطيسية المختزنة في ملف تساوي($360\ \ J$)عندما كان مقدار التيارالمنساب فيه ($20\ A$) احسب : 1- مقدار معامل الحث الذاتي للمحث ؟ 2 - معدل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف اذا انعكس التيار خلال($0.1\ \ S$)؟

الحل /

1 - $PE = \frac{1}{2} \times L I^2 \Longrightarrow 360 = \frac{1}{2} \times L \times (20)^2 \Longrightarrow L = \frac{720}{400} = 1.8\ \ H$

2 - $\mathcal{E}_{ind} = -L\frac{\Delta I}{\Delta t} = -1.8 \times \frac{-20 - 20}{0.1} = -1.8 \times \frac{-40}{0.1} = +\ 720\ v$

7 ملفان متجاوران بينهما ترابط مغناطيسي تام كان معامل الحث الذاتي للملف الابتدائي ($0.4\ H$) ومقاومته ($16\ \ \Omega$) ومعامل الحث الذاتي للملف الثانوي ($0.9\ H$) الفولطية الموضوعة في دائرة الملف الابتدائي ($200\ v$) احسب مقدار : التيار الآني والمعدل الزمني لتغير التيار في دائرة الملف الابتدائي لحظة ازدياد التيار فيها الى ($80\ \%$) من مقداره الثابت ؟ والقوة الدافعة الكهربائية المحتثة على طرفي الملف الثانوي في تلك اللحظة ؟

الحل / 1 - عند لحظة ازدياد التيار فيها الى ($80\ \%$) فان : $\mathcal{E}_{ind} = \frac{20}{100} V_{app}$

$V_{app} = \mathcal{E}_{ind} + I_{inst} R \Longrightarrow V_{app} = \frac{20}{100} V_{app} + I_{inst} \times 16 \Longrightarrow V_{app} - 0.2\ V_{app} = I_{inst} \times 16$

$0.8 \times 200 = I_{inst} \times 16 \Longrightarrow I_{inst} = \frac{160}{16} = 10\ A$ التيار الآني (هنالك حل أخر)

2 - $L\frac{\Delta I_1}{\Delta t} = \frac{20}{100} V_{app} \Longrightarrow 0.4 \times \frac{\Delta I_1}{\Delta t} = \frac{20}{100} \times 200 \Longrightarrow \frac{\Delta I_1}{\Delta t} = \frac{40}{0.4} = 100\ \frac{A}{S}$

3 - $M = \sqrt{L_1 \times L_2} = \sqrt{0.4 \times 0.9} = 0.6\ H$ ترابط تام $\Longrightarrow \mathcal{E}_{ind(2)} = -M\frac{\Delta I_1}{\Delta t} = -0.6 \times 100 = -60\ v$

الفصل الثالث

س / ما المقصود بالتيار المتناوب ؟ وكيف يمكن الحصول عليه ؟ ولماذا يفضل استعماله في الدوائر الكهربائية ؟

ج / هو عبارة عن تيار يتغير دوريا مع الزمن وينعكس اتجاهه مرات عديدة في الثانية الواحدة ويرمز له (a c) .

ويمكن الحصول عليه : من مولدات ضخمة للتيار المتناوب .

يفضل أستعماله : 1 - لسهولة نقله الى مسافات بعيدة وبأقل خسائر بالطاقة .

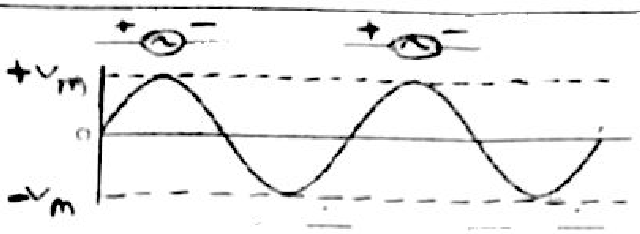
2 - يفيد في إمكانية تطبيق قانون فراداي في الحث الكهرومغناطيسي ومعظم الأجهزة الكهربائية تعمل على هذا المبدأ .

س / ما هو شكل التيار المتناوب والفولتية المتناوبة ؟

وكم يبلغ معدل كل منهما لدورة كاملة او عدد صحيح من الدورات ؟

ج / كلاهما جيبي الموجة . ويكون : معدل التيار ($I_{avg} = 0$)

معدل الفولتية ($V_{avg} = 0$)



س / كيف تحسب التيار الآني والفولتية الآنية ؟

ج / التيار الآني $I = I_m \sin(\omega t)$ والفولتية الآنية $V = V_m \sin(\omega t)$

حيث ان : I : التيار الآني I_m : أعظم مقدار للتيار V : الفولطية المحتثة الآنية V_m : اعظم مقدار للفولطية وتسمى بذروة الفولطية

ملاحظة

بما ان التردد الزاوي (ω) يساوي $\omega = 2\pi f$ فتصبح المعادلات اعلاه :

التيار الآني $I = I_m \sin(2\pi f t)$ والفولتية $V = V_m \sin(2\pi f t)$

س / لماذا تُنقل الطاقة الكهربائية الى البيوت والمصانع بوساطة التيار المتناوب وليس بوساطة التيار المستمر ؟

ج / وذلك لان عملية النقل تتم بأستعمال المحولات الكهربائية والتي تعتمد في عملها على تغير التيار (متناوب) حيث تمكننا من نقل الطاقة الكهربائية من مناطق التوليد الى مناطق الاستهلاك مع فقدان قليل من الطاقة .

س / أي نوع من انواع المحولات تستخدم :1 - لنقل القدرة الكهربائية من محطات التوليد ؟ ج / محولات رافعة للفولطية وخافضة للتيار .

2 - لتوزيع القدرة الكهربائية على المدن ؟ ج / محولات خافضة للفولطية ورافعة للتيار .

س / لماذا ترسل القدرة الكهربائية الى المسافات البعيدة على شكل فولتية عالية وتيار واطئ ؟

ج / لتقليل خسائر القدرة في الاسلاك الناقلة (I^2R) والتي تظهر بشكل حرارة .

س / ما المقصود بالمقدار المؤثر (الفعال) للتيار المتناوب ؟

ج / هو مقدار التيار المتناوب المساوي للتيار المستمر الذي لو انساب خلال مقاومة معينة فأنه يولد التأثير الحراري نفسه الذي يولده التيار المتناوب المنساب خلال المقاومة نفسها ولفترة الزمنية نفسها . ويرمز له (I_{eff}) .

ويسمى احياناً بجذر معدل مربع المقدار الاعظم للتيار ويرمز له (I_{rms}) .

س / كيف تحسب المقدار المؤثر للتيار المتناوب والمقدار المؤثر للفولطية المتناوبة ؟

ج /

$$I_{eff} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{I_m}{1.414} = 0.707\ I_m$$

$$V_{eff} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = \frac{V_m}{1.414} = 0.707\ V_m$$

س / اشتق قانون المقدار المؤثر للتيار المتناوب ؟

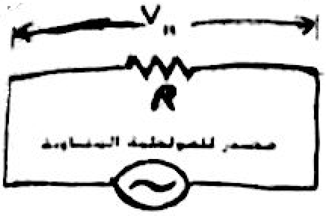
ج / في المستمر : القدرة المتبددة خلال المقاومة تعطى بالعلاقة $P = I_{dc}^2 R$

في المتناوب : القدرة المتوسطة تعطى بالعلاقة $P_{avg} = I^2 R = [\ I_m^2 \sin^2(\omega t)\ ] R = \frac{1}{2} I_m^2 R$

لان المقدار المتوسط للكمية $\sin^2(\omega t)$ لدورة واحدة او عدد صحيح من الدورات) يساوي نصف ($\frac{1}{2}$) اي ان : $\sin^2(\omega t) = \frac{1}{2}$

وتكون القدرة المتوسطة للتيار المتناوب تساوي القدرة للتيار المستمر خلال المقاومة نفسها وللفترة الزمنية نفسها فتكون :

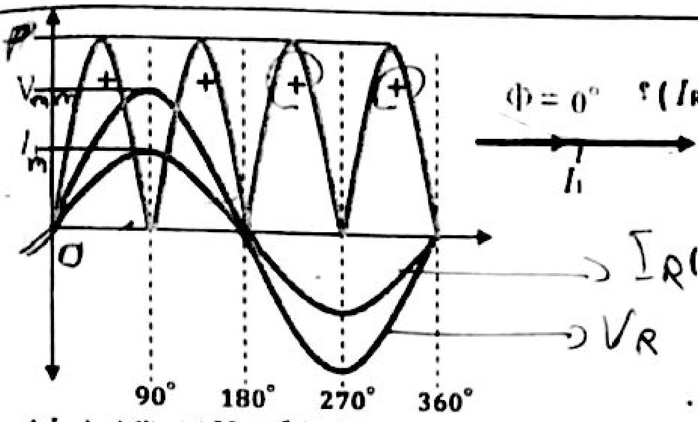
$I_{dc}^2 R = \frac{1}{2} I_m^2 R$ ← يطلق على I_{dc} بالتيار المؤثر I_{eff} ← $I_{eff}^2 = \frac{1}{2} I_m^2$ ← بالجذر ← $I_{eff} = \sqrt{\frac{I_m^2}{2}}$ ← $I_{eff} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$



دائرة تيار متناوب الحمل فيها مقاومة صرف

س / ما المقصود بالمقاومة الصرف ؟

ج / هي مقاومة خالية من الحث الذاتي (مثالية) وتكون مستقيمة الشكل أو ملف ملفوف باتجاهين متعاكسين .



س / دائرة تيار متناوب تحتوي على مقاومة صرف (فقط) :

(a) ما مقدار فرق الطور بين الفولطية (V_R) والتيار (I_R) ؟

(b) هل ان المقاومة تستهلك قدرة ؟ ولماذا ؟

(c) اذكر مميزات منحني القدرة للمقاومة الصرف ؟

ج / (a) (V_R) و (I_R) بنفس الطور . أي ($\Phi = 0$)

(b) نعم . لان معدل منحني القدرة لا يساوي صفر (لمنحني القدرة أجزاء موجبة فقط)

(c) مميزاته : 1 - منحني كدالة جيب تمام (cosine) .

2 - يحتوي على أجزاء موجبة فقط .

3 - تردده ضعف تردد منحني الفولطية (V_R) او التيار (I_R) .

4 - معدله ≠ صفر .

5 - القدرة المتوسطة تساوي نصف القدرة العظمى $P_{avg} = \frac{1}{2} I_m . V_m$

س / كيف تحسب : التيار الآني (I_R) والفولطية الآنية (V_R) والقدرة الآنية (P) لدائرة تيار متناوب تحتوي على مقاومة صرف ؟

ج / $P = I_R . V_R$ $\quad$ $V_R = V_m \sin(\omega t)$ $\quad$ $I_R = I_m \sin(\omega t)$

س / ماذا يعني ان القدرة تكون موجبة دائماً في منحني القدرة في دائرة تيار متناوب تحتوي على مقاومه صرف ؟

ج / يعني ان القدرة تنتقل دائماً من المصدر إلى المقاومة ويتم استهلاكها بشكل طاقة حرارية في المقاومة .

س / لماذا يتغير منحني القدرة الآنية في مقاومة صرف ما بين الصفر والقيمة العظمى الموجبة ؟

ج/ لان الفولطية والتيار يكونان بطور واحد دائماً فيكونان موجبين معاً وسالبين معاً وان حاصل ضربهما (القدرة) دائماً يكون موجب

س / علل : لا توجد أجزاء سالبة في منحني القدرة الخاص بالمقاومة الصرف ؟

ج / يعني ان القدرة تنتقل دائماً من المصدر إلى المقاومة ويتم استهلاكها بشكل طاقة حرارية في المقاومة .

س / أثبت أن : القدرة المتوسطة المستهلكة في المقاومة تساوي نصف القدرة العظمى ؟

ج / (و . هـ . م) $\quad P_{avg} = I_{eff} . V_{eff} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \times \frac{V_m}{\sqrt{2}} = \frac{I_m \times V_m}{2} = \frac{1}{2} P_{max}$

مثال 1

مصدر للفولطية المتناوبة ربط بين طرفيه مقاومة صرف (100 Ω) الفولطية في الدائرة تعطى بالعلاقة التالية :

$V_R = 424.2 \sin(\omega t)$ احسب : 1 - المقدار المؤثر للفولطية ؟ 2 - المقدار المؤثر للتيار ؟

3 - مقدار القدرة المتوسطة ؟

الحل /

1 - $V_R = V_m \sin(\omega t)$

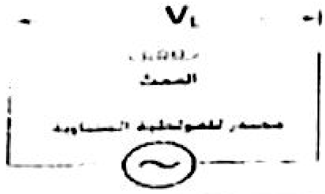
$V_R = 424.2 \sin(\omega t)$ بالمقارنة

اذن $V_m = 424.2$ v $\quad$ $V_{eff} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = \frac{424.2}{1.414} = 300$ v

2 - $I_{eff} = \frac{V_{eff}}{R} = \frac{300}{100} = 3$ A

3 - $P_{avg} = I_{eff}^2 . R = (3)^2 \times 100 = 900$ W

دائرة تيار متناوب الحمل فيها محث صرف



س / ما المقصود بالمحث الصرف ؟

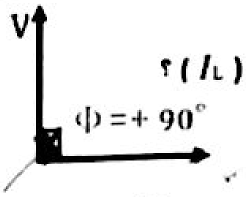
ج / هو ملف مقاومته الاومية تساوي صفر (ملف مهمل المقاومة) ولا يتحقق ذلك إلا في درجات الحرارة المنخفضة (القريبة من الصفر المطلق او $-273°\,C$) .

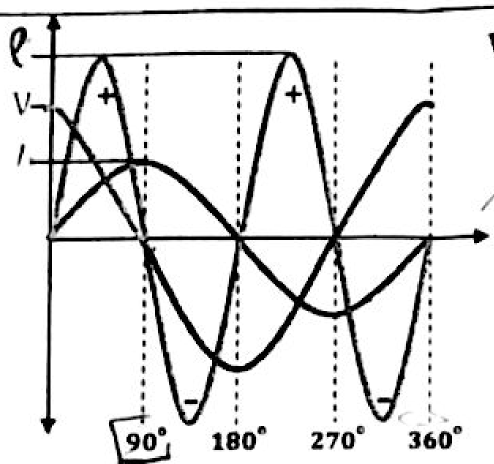
س / دائرة تيار متناوب تحتوي على محث صرف (فقط) :

(a) ما مقدار فرق الطور بين الفولتية (V_L) والتيار (I_L) ؟

(b) هل ان المحث يستهلك قدرة ؟ ولماذا ؟

(c) اذكر مميزات منحني القدرة للمحث ؟





(a) متجه (V_L) تتقدم على (I_L) بزاوية فرق طور ($\Phi = \frac{\pi}{2} = +90°$)

(b) كلا . لان معدل منحني القدرة يساوي صفر (لمنحني القدرة اجزاء موجبة تلغي الاجزاء السالبة)

(c) مميزاته : 1 - منحني كدالة جيبية .

2 - يحتوي على أجزاء موجبة وسالبة متساوية .

3 - تردده ضعف تردد منحني (V_L) او (I_L). 4 - معدله = صفر ($P_{avg} = 0$) لدورة كاملة او عدد صحيح من الدورات

س / كيف تحسب : التيار الآني (I_L) والفولطية الآنية (V_L) والقدرة الآنية (P) لدائرة تيار متناوب تحتوي على محث صرف ؟

ج / $P = I_L \cdot V_L$ ⟷ $V_L = V_m \sin(\omega t + 90°)$ ⟷ $I_L = I_m \sin(\omega t)$

س / اذا كان المحث الصرف لا يستهلك قدرة فهل هذا معناه عدم انتقال الطاقة من المصدر اليه ؟ وضح ذلك ؟

ج / كلا .... الطاقة تنتقل ولكن بأتجاهين متعاكسين .

عند تغير التيار (من الصفر الى مقداره الاعظم) : تنتقل الطاقة من المصدر وتختزن في المحث بهيئة مجال مغناطيسي . وتمثل الاجزاء الموجبة لمنحني القدرة .

عند تغير التيار (من مقداره الاعظم الى الصفر) : تعود الطاقة من المحث الى المصدر . وتمثل الاجزاء السالبة لمنحني القدرة .

س / ما المقصود بـ (رادة الحث X_L) ؟ ولماذا لا تعتبر مقاومة ولا تخضع لقانون جول ؟ وعلام تعتمد رادة حث (X_L) للمحث ؟

ج / هي المعاكسة التي يبديها المحث لتغير في التيار المار فيه .

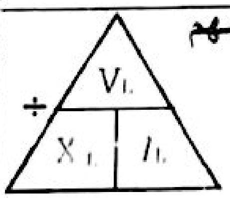
- لانها لا تستهلك قدرة .القدرة المتوسطة تساوي صفر . ولكنها تقاس بوحدة (Ω ohm) وتطبق عليها الصيغة الرياضية لقانون ohm

تعتمد : 1 - معامل الحث الذاتي للمحث L . التناسب طردي ($X_L \propto L$) بثبوت التردد الزاوي ω

2 - التردد الزاوي ω . التناسب طردي ($X_L \propto \omega$) بثبوت معامل الحث الذاتي للمحث L

$$X_L = \omega L = 2\pi f L$$

مهم



س / اثبت ان رادة الحث تقاس بوحدة (Ω ohm) ؟

ج / $X_L = 2\pi f L = Hz \cdot Henry = \frac{1}{Sec} \cdot \frac{Volt \cdot Sec}{Ammpere} = \frac{Volt}{Ammpere} = ohm\ (\Omega)$

مثال 2

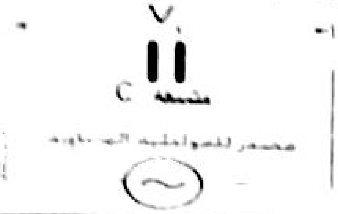
ملف مهمل المقاومة (محث صرف) معامل حثه الذاتي ($\frac{50}{\pi}$ mH) ربط بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة فرق الجهد بين طرفيه (20 v) . احسب كل من رادة الحث والتيار في الدائرة عندما يكون تردد الدائرة :

(a) $f = 10$ Hz (b) $f = 1$ MHz ؟

الحل /

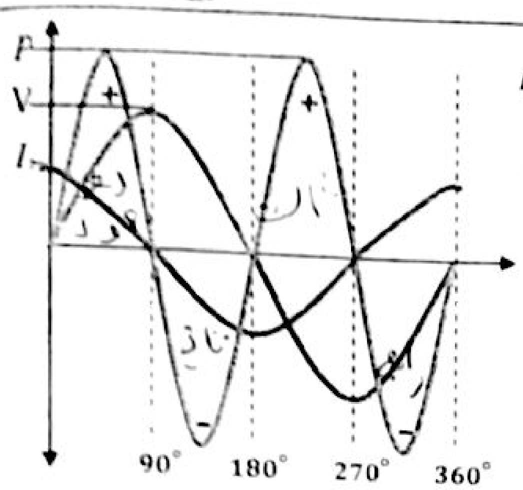
(a) $X_L = 2\pi f L = 2\pi \times 10 \times \frac{50}{\pi} \times 10^{-3} = 1\ \Omega$ ⟶ $I_L = \frac{V_L}{X_L} = \frac{20}{1} = 20$ A

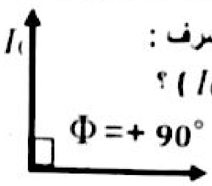
(b) $X_L = 2\pi f L = 2\pi \times 1 \times 10^{6} \times \frac{50}{\pi} \times 10^{-3} = 10^{5}\ \Omega$ ⟶ $I_L = \frac{V_L}{X_L} = \frac{20}{10^{5}} = 20 \times 10^{-5}$ A



دائرة تيار متناوب الحمل فيها متسعة ذات سعة صرف

س / ما المقصود بالسعة الصرف ؟
ج / هي متسعة مهملة مقاومة لوحيها .





س / دائرة تيار متناوب تحتوي على متسعة (فقط) ذات سعة صرف :
(a) ما مقدار فرق الطور بين الفولتية (V_C) والتيار (I_C) ؟
(b) هل ان المتسعة تستهلك قدرة ؟ ولماذا ؟
(c) اذكر مميزات منحني القدرة للمتسعة ؟

(a) منجه (I_C) يتقدم على (V_C) بزاوية فرق طور ($\Phi = \frac{\pi}{2} = +90°$)
(b) كـلا . لان معدل منحني القدرة يساوي صفر
(لمنحني القدرة اجزاء موجبة تلغي الاجزاء السالبة)
(c) مميزاته : 1 - منحني كدالة جيبية .
2 - يحتوي على أجزاء موجبة وسالبة متساوية .
3 - تردده ضعف تردد منحني (V_C) او (I_C) . 4 - معدله = صفر ($P_{avg} = 0$) لدورة كاملة او عدد صحيح من الدورات

س / كيف تحسب : التيار الآني (I_C) والفولطية الآنية (V_C) والقدرة الآنية (P) لدائرة تيار متناوب تحتوي على متسعة صرف ؟

ج / $P = I_C \cdot V_C$ $\quad$ $V_C = V_m \sin(\omega t)$ $\quad$ $I_C = I_m \sin(\omega t + 90°)$

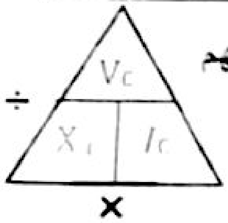
س / اذا كانت متسعة ذات سعة صرف لا تستهلك قدرة فهل هذا معناه عدم انتقال الطاقة من المصدر اليها ؟ وضح ذلك ؟
ج / كـلا .... الطاقة تنتقل ولكن باتجاهين متعاكسين .
عند تغير الفولطية :(من الصفر الى مقدارها الاعظم) : تنتقل الطاقة من المصدر وتختزن في المتسعة بهيئة مجال كهربائي .
وتمثل الاجزاء الموجبة لمنحني القدرة . (المتسعة تتشحن) .
أو (من مقدارها الأعظم إلى الصفر) : تعود الطاقة من المتسعة الى المصدر وتمثل الاجزاء السالبة لمنحني القدرة (المتسعة تتفرغ) .

س / ما المقصود بـ (رادة السعة X_C) ؟ ولماذا لا تعتبر مقاومة ولا تخضع لقانون جول ؟ وعلام تعتمد رادة السعة(X_C) للمتسعة ؟
ج / هي المعاكسة التي تبديها المتسعة لتغير في فولطية الدائرة .
ـ لأنها لا تستهلك قدرة .القدرة المتوسطة تساوي صفر . ولكنها تقاس بوحدة (Ω ohm) وتطبق عليها الصيغة الرياضية لقانون ohm

تعتمد : 1 - سعة المتسعة C . التناسب عكسي ($X_C \propto \frac{1}{C}$) بثبوت التردد الزاوي ω .
2 - التردد الزاوي ω . التناسب عكسي ($X_C \propto \frac{1}{\omega}$) بثبوت سعة المتسعة C .

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$

مهم



س / اثبت ان رادة السعة تقاس بوحدة (Ω ohm) ؟

ج / $X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{Hz \cdot Farad} = \frac{1}{\frac{1}{Sec} \cdot \frac{Coulom}{Volt}} = \frac{Volt}{\frac{Coulom}{Sec}} = \frac{Volt}{Ammpere} = ohm\ (\Omega)$

مثال 3

ربطت متسعة سعتها ($\frac{4}{\pi}\ \mu F$) بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة فرق الجهد بين طرفيه (2.5 v) . احسب كل من رادة السعة والتيار في الدائرة عندما يكون تردد الدائرة : (a) $f = 5\ Hz$ (b) $f = 5 \times 10^5\ Hz$ ؟

الحل / (a) $X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi \times 5 \times (4/\pi) \times 10^{-6}} = 25 \times 10^3\ \Omega$ ⟹ $I_C = \frac{V_C}{X_C} = \frac{2.5}{25 \times 10^3} = 1 \times 10^{-4}\ A$

(b) $X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi \times 5 \times 10^5 \times (4/\pi) \times 10^{-6}} = 0.25\ \Omega$ ⟹ $I_C = \frac{V_C}{X_C} = \frac{2.5}{0.25} = 10\ A$

تجارب عملية

س / وضح بتجربة تغير تردد التيار في مقدار رادة الحث



ج / 1 - نربط الدائرة الكهربائية وكما موضح بالشكل المقابل .

2 - نغلق الدائرة ونبدأ بزيادة تردد المذبذب الكهربائي تدريجياً مع المحافظة على بقاء مقدار الفولطية ثابتا (بمراقبة قراءة الفولطميتر)

3 - نلاحظ نقصان قراءة الاميتر .

نستنتج : رادة الحث X_L تتناسب طرديا مع تردد التيار f بثبوت معامل الحث الذاتي L للملف . $(X_L \propto f)$

س / وضح بتجربة تاثير تغير تردد الفولطيه في مقدار رادة السعة



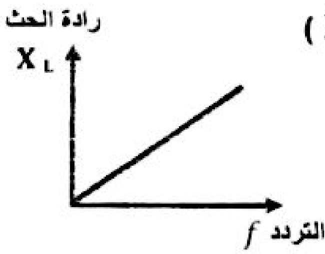
ج / 1 - نربط الدائرة الكهربائية وكما موضح بالشكل المقابل .

2 - نغلق الدائرة ونبدأ بزيادة تردد المذبذب الكهربائي تدريجياً مع المحافظة على بقاء مقدار الفولطية ثابتا (بمراقبة قراءة الفولطميتر)

3 - نلاحظ ازدياد قراءة الاميتر .

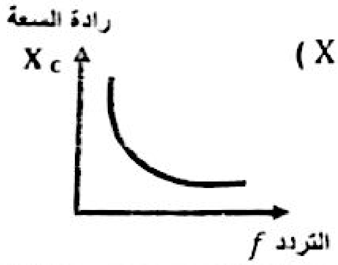
نستنتج : رادة السعة X_C تتناسب عكسيا مع تردد المصدر f بثبوت سعة المتسعة C . $\left(X_C \propto \frac{1}{f} \right)$

س / ارسم مخطط بياني كيف تتغير رادة الحث مع تردد التيار .



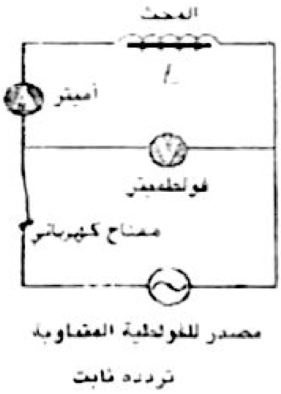
ج / العلاقة طردية $(X_L \propto f)$ بين رادة الحث (X_L) و تردد التيار (f) بثبوت معامل الحث الذاتي (L) للملف .

س / ارسم مخطط بياني كيف تتغير رادة السعة مع تردد الفولطية .



ج / العلاقة عكسية $\left(X_C \propto \frac{1}{f} \right)$ بين رادة السعة (X_C) وتردد الفولطية (f) بثبوت سعة المتسعة (C)

س/ وضح بتجربة تاثير تغيرمعامل الحث الذاتي في مقدار رادة الحث



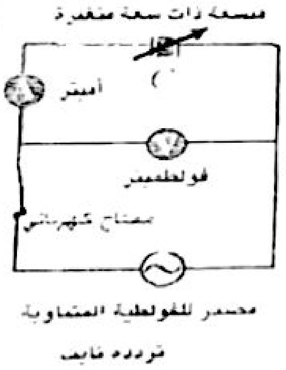
ج / 1 - نربط الدائرة الكهربائية وكما موضح بالشكل المقابل .

2 - نغلق الدائرة ونزيد من معامل الحث الذاتي للملف وذلك بأدخال قلب الحديد في جوف الملف تدريجياً مع المحافظة على بقاء مقدار الفولطية ثابتاً . (بمراقبة قراءة الفولطميتر)

3 - نلاحظ نقصان قراءة الاميتر

نستنتج : رادة الحث X_L تتناسب طرديا مع معامل الحث الذاتي L للملف بثبوت تردد التيار f . $(X_L \propto L)$

س / وضح بتجربة تاثير تغير سعة المتسعة في مقدار رادة السعة



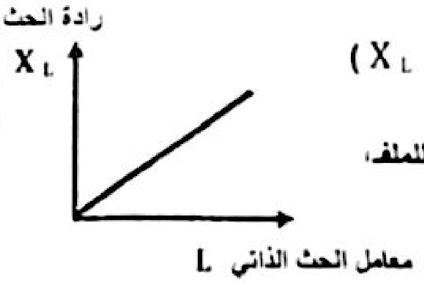
ج / 1 - نربط الدائرة الكهربائية وكما موضح بالشكل المقابل .

2 - نغلق الدائرة ونزيد سعة المتسعة تدريجياً وذلك بأدخال مادة عازلة بين صفيحتي المتسعة مع المحافظة على بقاء مقدار الفولطية ثابتاً . (بمراقبة قراءة الفولطميتر)

3 - نلاحظ ازدياد قراءة الاميتر .

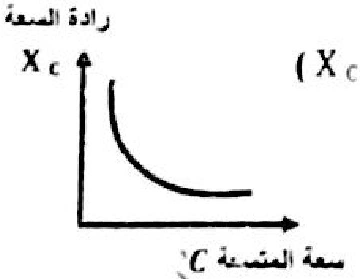
نستنتج : رادة السعة X_C تتناسب عكسيا مع سعة المتسعة C بثبوت تردد المصدر f . $\left(X_C \propto \frac{1}{C} \right)$

س/ ارسم مخطط بياني كيف تتغير رادة الحث مع معامل الحث الذاتي



ج / العلاقة طردية $(X_L \propto L)$ بين رادة الحث (X_L) ومعامل الحث الذاتي (L) للملف. بثبوت تردد التيار (f)

س / ارسم مخطط بياني كيف تتغير رادة السعة مع سعة المتسعة .



ج / العلاقة عكسية $\left(X_C \propto \frac{1}{c} \right)$ بين رادة السعة (X_C) وسعة المتسعة (C) بثبوت تردد الفولطية (f)

س / دائرة تيار متناوب تحتوي على ملف . ماذا يحدث لرادة الحث
1 - عند الترددات الواطئة جدا . 2 - عند الترددات العالية جدا .

ج / 1 - تقل رادة الحث لانها تتناسب طرديا مع التردد $X_L \propto f$

حسب العلاقة : ($X_L = 2\pi f L$) وقد تصل الى الصفر . ويعمل الملف عندئذ عمل مقاومة صرف .

2 - تزداد رادة الحث لانها تتناسب طرديا مع التردد $X_L \propto f$

حسب العلاقة : ($X_L = 2\pi f L$) وقد تصل الى مقدار كبير جدا تودي الى قطع تيار الدائرة . ويعمل الملف عندئذ عمل مفتاح مفتوح .

س/ دائرة تيار متناوب تحتوي على متسعة . ماذا يحدث لرادة السعة
1 - عند الترددات الواطئة جدا . 2 - عند الترددات العالية جدا

ج/ 1- تزداد رادة السعة لانها تتناسب عكسيا مع التردد $X_C \propto \frac{1}{f}$

حسب العلاقة : ($X_C = \frac{1}{2\pi f C}$) وقد تصل الى مقدار كبير جدا تودي الى قطع تيار الدائرة . وتعمل المتسعة عندئذ عمل مفتاح مفتوح .

2 - تقل رادة السعة لانها تتناسب عكسيا مع التردد $X_C \propto \frac{1}{f}$

حسب العلاقة : ($X_C = \frac{1}{2\pi f C}$) وقد تصل الى الصفر وتعمل المتسعة عندئذ عمل مفتاح مغلق .

س / ما الفرق بين : وجود الملف في دائرة التيار المتناوب ووجوده في دائرة التيار المستمر .

ج / في دائرة التيار المتناوب : يسلك الملف سلوك ممانعة لوجود مقاومة ورادة حث حيث تعد المقاومة موصلة على التوالي مع رادة الحث

في دائرة التيار المستمر : يسلك الملف سلوك مقاومة صرف لان تردد التيار المستمر يساوي صفر

فان : $X_L = 2\pi f L = 2\pi \times 0 \times L = 0$

س / ما الفرق بين : وجود المتسعة في دائرة التيار المتناوب ووجودها في دائرة التيار المستمر .

ج / في دائرة التيار المتناوب : المتسعة تنشحن مرتين وتتفرغ مرتين بالتعاقب في كل دورة وبذلك تعد الدائرة الكهربائية مغلقة في اثناء تزايد او تناقص شحنة لوحي المتسعة ويسري تيار في الدائرة . وتعمل المتسعة عندئذ عمل (مفتاح مغلق) .

في دائرة التيار المستمر : المتسعة تنشحن مرة واحدة حيث يصبح فرق الجهد بين لوحيها مساوياً لفولطية المصدر فتقطع التيار . وتعمل المتسعة عندئذ عمل (مفتاح مفتوح) .

س / كيف تفسر ازدياد مقدار رادة الحث بازدياد تردد التيار على وفق قانون لنز ؟

ج / عند ازدياد تردد التيار المنساب في الدائرة يزداد المعدل الزمني للتغير في التيار ($\frac{\Delta I}{\Delta t}$) فتزداد القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في المحث والتي تعمل على عرقلة المسبب لها ($\varepsilon_{ind} \propto -\frac{\Delta I}{\Delta t}$) حسب قانون لنز اي تعرقل المعدل الزمني للتغير في التيار فتزداد نتيجة لذلك رادة الحث التي تمثل تلك المعاكسة التي يبديها المحث للتغير في التيار .

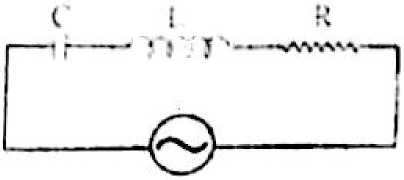
س / ما الذي تمثله كل من الاجزاء الموجبة والاجزاء السالبة في منحني القدرة الآنية في دائرة تيار متناوب تحتوي فقط :
1 - محث صرف . 2 - متسعة ذات سعة صرف .

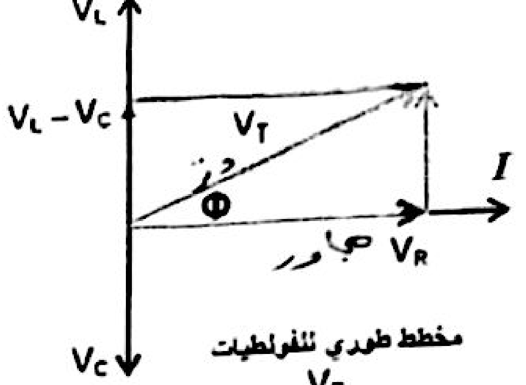
ج / 1 - الأجزاء الموجبة : تمثل مقدار القدرة المختزنة في المجال المغناطيسي للمحث عندما تنتقل القدرة من المصدر الى المحث .
الأجزاء السالبة : تمثل مقدار القدرة المعادة للمصدر عندما تعاد جميع هذه القدرة الى المصدر .

2 - الأجزاء الموجبة : تمثل مقدار القدرة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة (المتسعة تنشحن) عندما تنتقل القدرة من المصدر الى المتسعة .
الأجزاء السالبة : تمثل مقدار القدرة المعادة للمصدر (المتسعة تفرغ شحنتها) عندما تعاد جميع هذه القدرة الى المصدر .

س / قارن بين المقاومة ورادة الحث ورادة السعة من حيث :

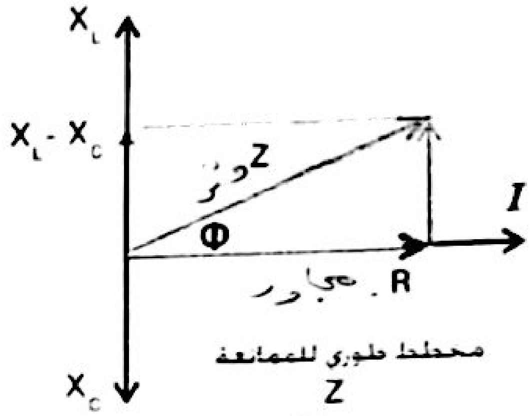
من حيث :	المقاومة (R)	رادة الحث (X_L)	رادة السعة (X_C)
1 - استهلاك القدرة	تستهلك قدرة	لا تستهلك قدرة	لا تستهلك قدرة
2 - تأثرها بتغير التردد	لا تتأثر	تتأثر ($X_L \propto f$)	تتأثر ($X_C \propto \frac{1}{f}$)
3 - تأثيرها في فرق الطور بين الفولطية V والتيار I	تجعل الفولطية والتيار بنفس الطور ($\Phi = 0^\circ$)	تجعل الفولطية تتقدم على التيار بـ 90° ($\Phi = \frac{\pi}{2} = +90^\circ$)	تجعل التيار يتقدم على الفولطية بـ 90° ($\Phi = \frac{\pi}{2} = +90^\circ$)





مخطط طوري للفولطيات V_T

دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي
على مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف (R L C)
ولحل المسائل الخاصة بها نستخدم القوانين التالية :



مخطط طوري للممانعة Z

1 - $V_T = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2}$

2 - $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$

3 - $I = \frac{V_T}{Z} = I_R = I_L = I_C$ (ربط توالي)

4 - عامل القدرة $Pf = \cos\Phi = \frac{V_R}{V_T} = \frac{R}{Z}$

5 - $\tan\Phi = \frac{(V_L - V_C)}{V_R} = \frac{(X_L - X_C)}{R}$

6 - القدرة الحقيقية $P_{real} = I \cdot V_T \cdot \cos\Phi = I^2 R$ (تقاس بوحدة Watt)

7 - القدرة الظاهرية $P_{app} = I \cdot V_T = I^2 Z$ (تقاس بوحدة Volt · Ammpere)

$$Pf = \cos\Phi = \frac{P_{real}}{P_{app}}$$

ملاحظات مهمة

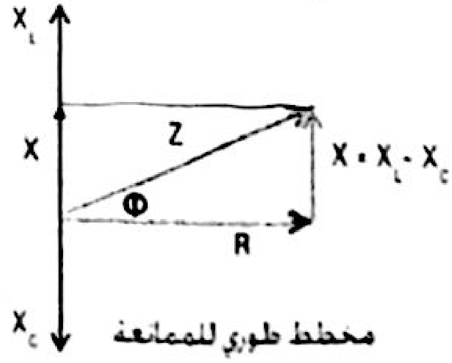
1 - نقصد بالطور : هو الحالة الحركية للجسم المهتز من حيث الموضع واتجاه الحركة .

2 - نقصد بفرق الطور : هو التغير في الحالة الحركية للجسم المهتز بين لحظتين مختلفتين او لجسمين في اللحظة نفسها

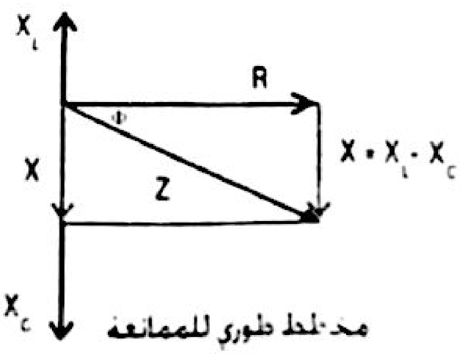
3 - نقصد بالممانعة (Z) : هي المعاكسة المشتركة للرادة والمقاومة في دوائر التيار المتناوب .

4 - نقصد بعامل القدرة (Power factor) : هو النسبة بين القدرة الحقيقية (P_{real}) الى القدرة الظاهرية (P_{app}) ويرمز له Pf

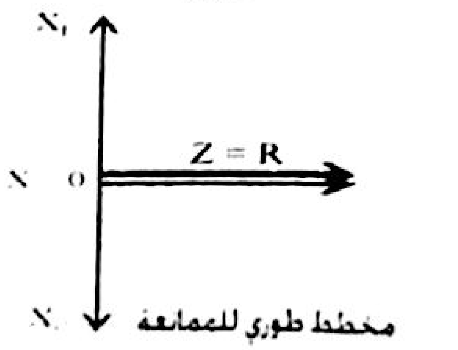
5 - تكون للدائرة خواص حثية اذا كانت ($V_L > V_C$) او ($X_L > X_C$)
وتكون زاوية فرق الطور موجبة
(Φ = موجبة)



6 - تكون للدائرة خواص سعوية اذا كانت ($V_L < V_C$) او ($X_L < X_C$)
وتكون زاوية فرق الطور سالبة
(Φ = سالبة)



7 - تكون للدائرة خواص مقاومة صرف اذا كانت ($V_L = V_C$) او ($X_L = X_C$)
وتكون زاوية فرق الطور تساوي صفر
($\Phi = 0°$)



مثال 4

ربط ملف معامل حثه الذاتي ($\frac{\sqrt{3}}{\pi}$ mH) بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة فرق جهده (100 v) فكانت زاوية فرق الطور Φ بين متجه الطور للفولطية الكلية ومتجه الطور للتيار (60°) ومقدار التيار المنساب في الدائرة (10 A) .
ما مقدار : 1 - مقاومة الملف ؟ 2 - تردد الدائرة ؟

الحل /

1 - $Z = \frac{V_T}{I} = \frac{100}{10} = 10\ \Omega$

$\cos\Phi = \frac{R}{Z} \Longrightarrow \cos 60^\circ = \frac{R}{10} \Longrightarrow 0.5 = \frac{R}{10} \Longrightarrow R = 5\ \Omega$

2 - $Z = \sqrt{R^2 + (X_L)^2} \Rightarrow 10 = \sqrt{5^2 + (X_L)^2} \Rightarrow 100 = 25 + (X_L)^2 \Rightarrow (X_L)^2 = 75$

$X_L = 5\sqrt{3}\ \Omega$

$X_L = 2\pi f L \Longrightarrow 5\sqrt{3} = 2\pi \times f \times \frac{\sqrt{3}}{\pi} \times 10^{-3} \Longrightarrow f = 2500\ Hz$

مثال 5

دائرة تيار متناوب تحتوي مقاومة صرف ومتسعة ومحث صرف ($R\ L\ C$) مربوطة مع بعضها على التوالي ومجموعتها مربوطة مع مصدر للفولطية المتناوبة فرق جهده (200 v) وكانت : $R = 40\ \Omega$ $X_L = 120\ \Omega$ $X_C = 90\ \Omega$
احسب مقدار : 1 - الممانعة الكلية ؟ 2 - التيار المنساب في الدائرة وارسم المخطط الطوري للممانعة ؟
3 - زاوية فرق الطور Φ بين الفولطية الكلية و التيار وما هي خصائص هذه الدائرة ؟ 4 - عامل القدرة ؟
5 - القدرة الحقيقية المستهلكة في المقاومة ؟ 6 - القدرة الظاهرية (القدرة المجهزة للدائرة) ؟

1 - $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{(40)^2 + (120 - 90)^2} = \sqrt{1600 + 900} = \sqrt{2500} = 50\ \Omega$

2 - $I = \frac{V_T}{Z} = \frac{200}{50} = 4\ A$

3 - $\tan\Phi = \frac{(X_L - X_C)}{R} = \frac{120 - 90}{40} = \frac{30}{40} = \frac{3}{4} \Longrightarrow \Phi = 37^\circ$

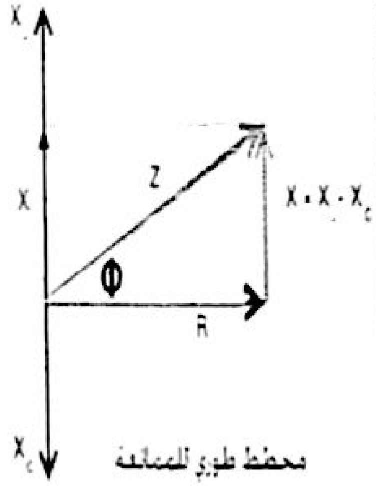
(للدائرة خصائص حثية)

لان ($X_L > X_C$)

4 - $Pf = \cos\Phi = \frac{R}{Z} = \frac{40}{50} = 0.8$

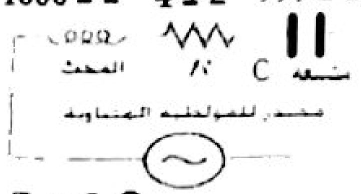
5 - $P_{real} = I^2 R = (4)^2 \times 40 = 16 \times 40 = 640\ Watt$

6 - $P_{app} = I \cdot V_T = 4 \times 200 = 800\ V \cdot A$



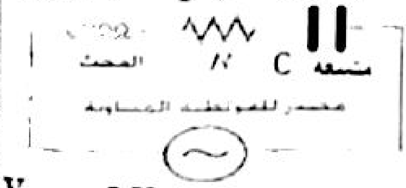
مخطط طوري للممانعة

س / دائرة تيار متناوب متوالية الربط تتألف من مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف . هل يمكن ؟ ولماذا ؟
1 - ان تكون رادة الحث أو رادة السعة اكبر من الممانعة ؟
2 - ان تكون المقاومة اكبر من الممانعة ؟



ج / 1 - نعم ... لان الرادات تجمع جمعاً طورياً .
2 - كلا .. لان عامل القدرة لا يمكن ان يكون اكبر من الواحد . حيث ان $Pf = \cos\Phi = \frac{R}{Z}$

س / دائرة تيار متناوب متوالية الربط تتألف من مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف . هل يمكن ؟ ولماذا ؟
1 - ان تكون الفولطية عبر المحث او المتسعة اكبر من الفولطية الكلية ؟
2 - ان تكون الفولطية عبر المقاومة اكبر من الفولطية الكلية ؟



ج / 1 - نعم ... لان الفولطيات تجمع جمعاً طورياً .
2 - كلا .. لان عامل القدرة لا يمكن ان يكون اكبر من الواحد . حيث ان $Pf = \cos\Phi = \frac{V_R}{V_T}$

س / ايهما تفضل للتحكم في توهج مصباح في دائرة تيار متناوب متوالية الربط . مقاومة متغيرة ام متسعة متغيرة . ولماذا ؟
ج / المتسعة افضل من المقاومة لان رادة السعة لا تستهلك قدرة .

س / ما العامل الذي يسبب ظهور فرق في الطور بين التيار والفولطية في معظم الدوائر الكهربائية ؟
ج / وجود المحث الصرف أو المتسعة الصرف او كليهما على شرط ان لا تكون الدائرة في حالة رنين ($X_L = X_C$) .

س / ما العلاقة بين : القدرة الحقيقية (P_{real}) والقدرة الظاهرية (P_{app}) في دائرة التيار المتناوب ؟
ثم وضح متى : تكون القدرة الحقيقية (P_{real}) والقدرة الظاهرية (P_{app}) متساويتي المقدار ؟
ج / $P_{real} = P_{app} \cdot \cos\Phi$ او $\cos\Phi = \dfrac{P_{real}}{P_{app}}$

تتساوى عندما : ($\Phi = 0$) ⟸ ($\cos\Phi = 1$) ⟸ (في الدائرة مقاومة أومية صرف وحالات الرنين)

س / دائرة تيار متناوب تحتوي على مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف مربوطة على التوالي مع بعضهما وربطت مجموعتهما مع مصدر للفولطية المتناوبة . ما العلاقة بين متجه الطور للفولطية الكلية ومتجه الطور للتيار في الحالات الآتية :
(a) رادة الحث تساوي رادة السعة ($X_L = X_C$) . ج / بنفس الطور وتكون ($\Phi = 0°$) وللدائرة خواص مقاومة صرف حالة رنين
(b) رادة الحث اكبر من رادة السعة ($X_L > X_C$) . ج / الفولطية الكلية تتقدم على التيار بزاوية فرق الطور موجبة مقدارها (Φ) وتكون للدائرة خواص حثية .
(c) رادة الحث اصغر من رادة السعة ($X_L < X_C$) . ج / التيار يتقدم على الفولطية الكلية بزاوية فرق الطور سالبة مقدارها (Φ) وتكون للدائرة خواص سعوية .

س / ما مقدار عامل القدرة في دائرة تيار متناوب ؟ (مع ذكر السبب) اذا كان الحمل يتألف من :
1 - مقاومة صرف . 2 - محث صرف . 3 - متسعة ذات سعة صرف . 4 - ملف ومتسعة متوالية الربط ليست في حالة رنين .



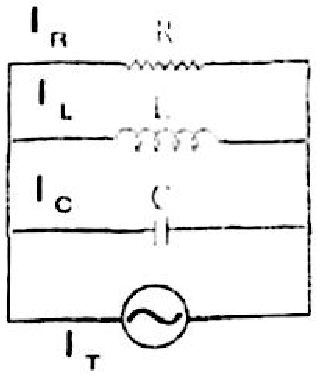
1	2	3	4
ج / عامل القدرة = 1	ج / عامل القدرة = 0	ج / عامل القدرة = 0	ج/ عامل القدرة يكون (0 < عامل القدرة < 1)
لان ($\Phi = 0°$)	لان ($\Phi = 90°$)	لان ($\Phi = 90°$)	لان Φ تكون ($90° > \Phi > 0°$)
عامل القدرة = $\cos\Phi$	عامل القدرة = $\cos\Phi$	عامل القدرة = $\cos\Phi$	عامل القدرة = $\cos\Phi$
$\cos 0° = 1$	$\cos 90° = 0$	$\cos 90° = 0$	(0 < عامل القدرة < 1)

س / ما نوع الحمل المربوط في دائرة التيار المتناوب ؟ اذا كان مقدار عامل القدرة فيها يساوي :
1 - صفراً ؟ ج / الحمل عبارة عن محث صرف او متسعة ذات سعة صرف .
2 - واحداً ؟ ج / الحمل عبارة عن (مقاومة صرف) او (ملف ومتسعة) متوالية الربط في حالة رنين .
3 - اكبر من الصفر واصغر من الواحد ؟ ج / الحمل عبارة عن (ملف) او (ملف ومتسعة) او (مقاومة ومتسعة) متوالية الربط ليست في حالة رنين .

س / دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي على متسعة ومصباح متوهج . ما تأثير وضع مادة عازلة بين لوحي المتسعة على :
1 - توهج المصباح . 2 - عامل القدرة . 3 - تردد المصدر .
ج / السعة (تزداد) رادة السعة (تقل) الممانعة (تقل) التيار (يزداد)
1 - التوهج (يزداد) .
2 - عامل القدرة (يزداد) لان $Pf = \dfrac{R}{Z}$
3 - لا يتأثر .

$X_C = \dfrac{1}{2\pi f C}$ $Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$ $Z = \dfrac{V_T}{I}$

ربط التوازي



دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي
على مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف (R L C)
ولحل المسائل الخاصة بها نستخدم القوانين التالية :

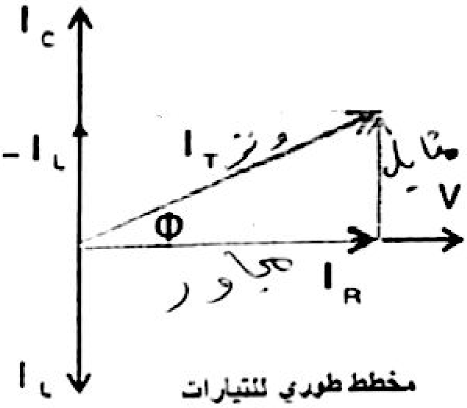
1 . $I_T = \sqrt{I_R^2 + (I_C - I_L)^2}$

2 . $Z = \dfrac{V_T}{I_T}$

3 . $V_T = I_T \,.\, Z = V_R = V_L = V_C$ (ربط توازي)

4 . عامل القدرة $Pf = \cos\Phi = \dfrac{I_R}{I_T} = \dfrac{Z}{R}$ اثـراء

5 . $\tan\Phi = \dfrac{(I_C - I_L)}{I_R}$



مخطط طوري للتيارات I_T

6 . القدرة الحقيقية $P_{real} = I_T \,.\, V_T \,.\, \cos\Phi = \dfrac{V_T^2}{R} = I_R^2 R$ (تقاس بـ Watt)

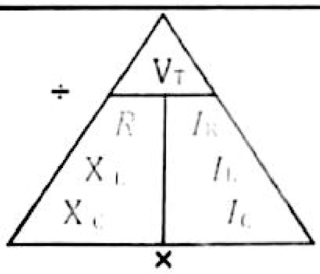
7 . القدرة الظاهرية $P_{app} = I_T \,.\, V_T = \dfrac{V_T^2}{Z} = I_T^2 Z$ (تقاس بـ Volt . Ammpere)

$$Pf = \cos\Phi = \frac{P_{real}}{P_{app}}$$

ملاحظات مهمة

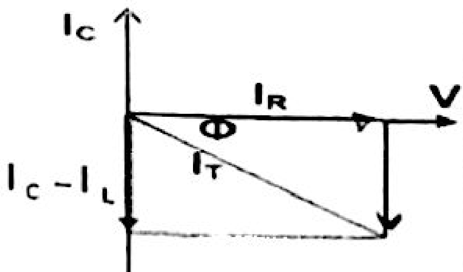
1 - مخطط الممانعة (Z) غير مطلوب لانه معقد .

2 - نستطيع كتابة قانون اوم (ربط توازي) بالصورة المقابلة :



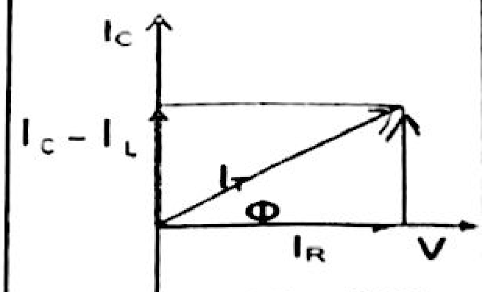
3 - في ربط التوازي يكون متجه الفولطية ثابت ونبحث عن مدى تقدم وتأخر التيارات الفرعية .

4 - تكون للدائرة خواص حثية إذا كان
$(I_C < I_L)$
وتكون زاوية فرق الطور سالبة
(Φ = سالبة)



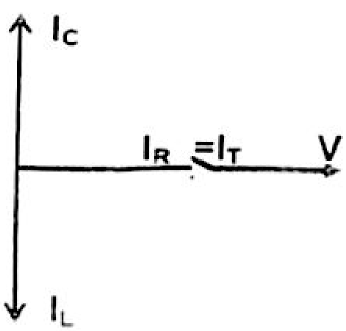
مخطط طوري للتيارات I_T

5 - تكون للدائرة خواص سعوية إذا كان
$(I_C > I_L)$
وتكون زاوية فرق الطور موجبة
(Φ = موجبة)



مخطط طوري للتيارات I_T

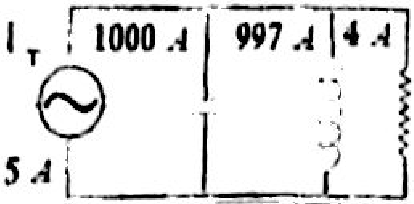
6 - تكون للدائرة خواص مقاومة صرف إذا كان
$(I_C = I_L)$
وتكون زاوية فرق الطور تساوي صفر
$(\Phi = 0^\circ)$



س / دائرة تيار متناوب متوازية الربط تتألف من مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف . هل يمكن ؟ ولماذا ؟

1 - ان يكون تيار الحث او تيار السعة اكبر من التيار الكلي ؟

2 - ان يكون تيار المقاومة اكبر من التيار الكلي ؟



ج / 1 - نعم ... لان التيارات تجمع جمعاً طورياً .

2 - كلا ...لان عامل القدرة لايمكن ان يكون اكبر من الواحد . حيث ان $Pf = \cos\Phi = \frac{I_R}{I_T}$

س / في دائرة التيار المتناوب المتوازية الربط المؤلفة من مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف . التيار الرئيس (I_T) لا يساوي المجموع الجبري للتيارات الفرعية (I_C) (I_L) (I_R) . علل ذلك ؟

ج / بسبب وجود زاوية فرق في الطور Φ بين كل من المتجهات الطورية لهذه التيارات ومتجه الطور للفولطية في الدائرة والذي ينطبق على محور الإسناد الأفقي X .

س / اثبت ان عامل القدرة في التوازي يساوي $\frac{Z}{R}$ (مقلوب عامل القدرة في التوالي) ؟

ج / اثـــراء

$$\text{عامل القدرة } Pf = \cos\Phi = \frac{I_R}{I_T} = \frac{\frac{V_R}{R}}{\frac{V_T}{Z}} = \frac{\frac{V_T}{R}}{\frac{V_T}{Z}} = \frac{Z}{R}$$

مثال 6

دائرة تيار متناوب تحتوي مقاومة صرف ومتسعة ومحث صرف ($R\ L\ C$) مربوطة مع بعضها على التوازي وربطت المجموعة بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة فرق جهده (240 v) وكانت: $R = 80\ \Omega$ $X_L = 20\ \Omega$ $X_C = 30\ \Omega$

احسب مقدار :

1 - التيار المنساب في كل فرع من فروع الدائرة ؟

2 - التيار الرئيس المنساب في الدائرة وارسم المخطط الاتجاهي الطوري للتيارات ؟

3 - الممانعة الكلية في الدائرة ؟

4 - زاوية فرق الطور بين المخطط الطوري للتيار الكلي والمخطط الطوري لفرق الجهد وما هي خصائص هذه الدائرة ؟

5 - عامل القدرة ؟ 6 - كل من القدرة الحقيقية (المستهلكة في الدائرة) والقدرة الظاهرية (القدرة المجهزة للدائرة) ؟

الحل / بما ان الربط على التوازي فأن :

1 - $V_R = V_L = V_C = V_T = 240\ v$

$$I_L = \frac{V_T}{X_L} = \frac{240}{20} = 12\ A \qquad I_C = \frac{V_T}{X_C} = \frac{240}{30} = 8\ A \qquad I_R = \frac{V_T}{R} = \frac{240}{80} = 3\ A$$

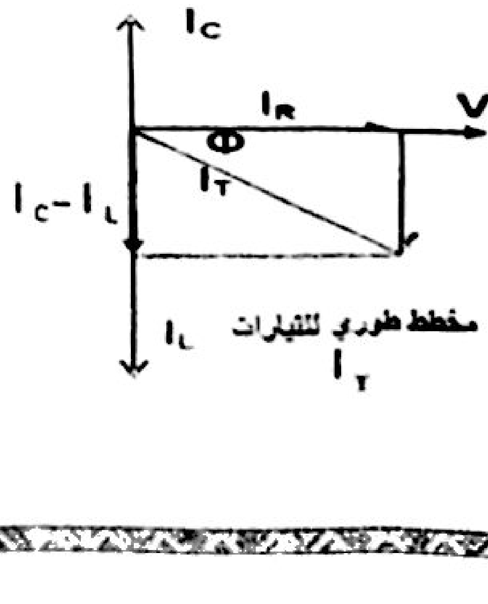
2 - $I_T = \sqrt{I_R^2 + (I_C - I_L)^2} = \sqrt{(3)^2 + (8-12)^2} = \sqrt{9+16} = \sqrt{25} = 5\ A$

3 - $Z = \frac{V_T}{I_T} = \frac{240}{5} = 48\ \Omega$

4 - $\tan\Phi = \frac{(I_C - I_L)}{I_R} = \frac{8-12}{3} = -\frac{4}{3}$ ⇨ $\Phi = -53^\circ$

(للدائرة خصائص حثية) لان ($I_C < I_L$)

5 - $Pf = \cos\Phi = \frac{I_R}{I_T} = \frac{3}{5} = 0.6$



6 - $P_{real} = I_T \cdot V_T \cdot \cos\Phi = 5 \times 240 \times 0.6 = 720\ Watt$

$P_{app} = I_T \cdot V_T = 5 \times 240 = 1200\ V \cdot A$

س / ما هي دائرة الاهتزاز الكهرومغناطيسي ؟ وما هي الاهتزازات الكهرومغناطيسية ؟ وماذا نعني بقولنا : (التردد الطبيعي لدائرة مهتزة يساوي $200\ Hz$) ؟

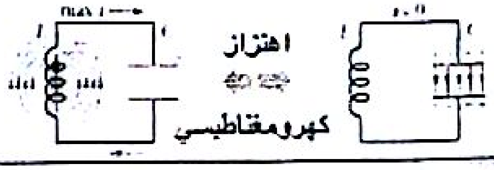
ج / هي عبارة عن دائرة كهربائية مغلقة تتألف من متسعة ذات سعة صرف متغيرة السعة ومحث صرف . وتسمى بدائرة المحث ـ المتسعة ($L - C$) .

ـ الاهتزازات الكهرومغناطيسية : هي التغيرات في الفولطية والتيار كدالة جيبية مع الزمن في دائرة المحث ـ المتسعة ($L - C$) .

ـ نقصد بذلك بأن الطاقة تهتز بين المحث والمتسعة (200 مرة في الثانية الواحدة) .

تختزن الطاقة في المتسعة على شكل مجال كهربائي وتعطى بالعلاقة :

$$PE_{electric} = \frac{1}{2} \times \frac{Q^2}{C}$$



تختزن الطاقة في المحث على شكل مجال مغناطيسي وتعطى بالعلاقة :

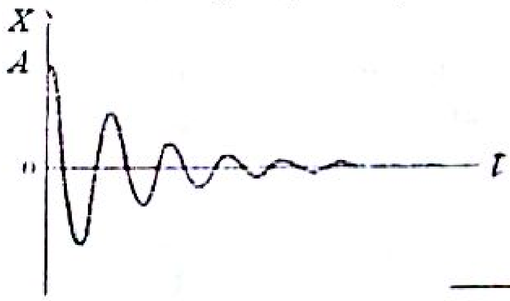
$$PE_{magnetic} = \frac{1}{2} \times L I^2$$

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad \text{او} \quad \omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

س / هل يمكن ؟ ولماذا ؟ ان تستمر سعة اهتزاز الطاقة في دائرة الاهتزاز الكهرومغناطيسي التي تحتوي على :
1 ـ متسعة ومحث . 2 ـ متسعة وملف (غير مهمل المقاومة) .

ج / 1 ـ نعم . يستمر تناوب اختزان الطاقة بين المتسعة والمحث من غير نقصان لان الدائرة ليس فيها مقاومة تتسبب في ضياع الطاقة .
2 ـ كلا . سوف تتلاشى سعة اهتزاز الطاقة مع الزمن بسبب وجود المقاومة في الملف والتي تتسبب في ضياع الطاقة .

س / ارسم التيار المتلاشي كدالة للزمن في دائرة الاهتزاز الكهرومغناطيسي . ج /



ملاحظة (السعة تقل ولكن التردد يبقى ثابتاً)

س / ما المقصود بالرنين الكهربائي ؟ وما هو شرط حدوثه ؟ وكيف يمكنك الحصول عليه ؟

ج / هو حالة خاصة من الاهتزاز الاضطراري يحصل بين دائرة كهربائية ومصدر فولطية متناوبة .

ـ شرط الرنين الكهربائي : هو تساوي رادة الحث ($X_L = \omega L = 2\pi f L$) مع رادة السعة ($X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$) .

ـ يمكن الحصول على حالة الرنين بطريقتين : 1 ـ نغير تردد المصدر حتى يصبح مساوياً للتردد الطبيعي للدائرة .
2 ـ نغير التردد الطبيعي للدائرة حتى يصبح مساوياً لتردد المصدر. ويتم ذلك عن طريق :
(a) تغيير معامل الحث الذاتي للمحث (L) .
(b) تغيير سعة المتسعة (C) .
ويسمى هذا الاسلوب بـ (توليف الدائرة) او (تنغيم الدائرة) .

س / ما المقصود بتوليف الدائرة (تنغيم الدائرة) ؟ وكيف يتم التوليف ؟

ج / هي عملية جعل تردد دائرة الاستقبال مساوياً لتردد الاشارة المطلوب تسلمها .

ويتم ذلك عن طريق : (a) تغيير معامل الحث الذاتي للمحث (L) ..... وهذا اسلوب شائع في التلفزيون .
(b) تغيير سعة المتسعة (C) ..... وهذا اسلوب شائع في الراديو .

س / ما الفائدة العملية من استعمال متسعة متغيرة السعة في التسلم والبث الاذاعي ؟

ج / لتوليف (تنغيم) دائرة الاستقبال وجعلها في حالة رنين مع الاشارة المختارة . وذلك بتغيير سعة المتسعة .

س / كيف تحسب التردد الطبيعي او التردد الرنيني للدائرة المهتزة ؟ وعلام يعتمد ؟

ج / نحسب التردد الطبيعي او التردد الرنيني من العلاقة التالية :

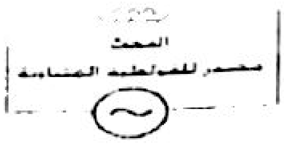
$$\omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad \text{او} \quad f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

... 2 ـ سعة المتسعة (C) تناسب عكسي .

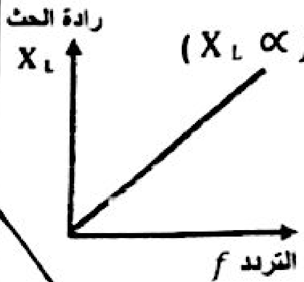
اثـــرانـــيات رنـــيـنـيــة



س / ارسم مخطط بياني كيف تتغير رادة الحث مع تردد التيار وماذا تستنتج ؟



ج / العلاقة طردية $(X_L \propto f)$



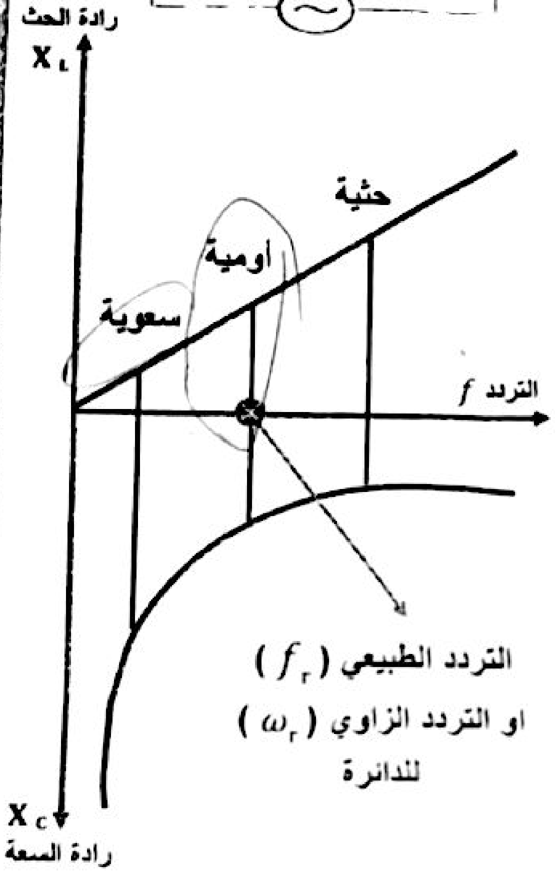
بثبوت معامل الحث الذاتي (L)

$$X_L = \omega L = 2\pi f L$$

الاستنتاج :

عندما $f = 0$ ⬅ $X_L = 0$

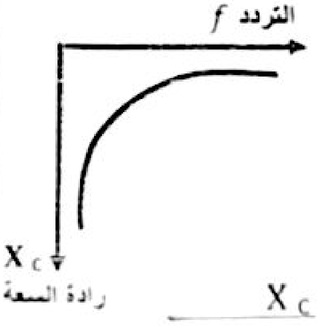
في دوائر التيار المستمر ⬅ $X_L = 0$



س / ارسم مخطط بياني كيف تتغير رادة السعة مع تردد الفولطية وماذا تستنتج ؟



ج / العلاقة عكسية $X_C \propto \frac{1}{f}$



بثبوت سعة المتسعة (C)

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$

الاستنتاج :

عندما $f = 0$ ⬅ $X_C =$ ما لانهاية

في دوائر التيار المستمر ⬅ $X_C =$ ما لانهاية

لـــذلـــك نـــســـأل :

س / ما العامل الذي يحدد خواص اي دائرة متوالية كهربائية الربط مؤلفة من (مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف)؟

ج / (الـــتـــردد) هو الذي يحدد ذلك .

1 - عند الترددات العالية : $(X_L > X_C)$ وتكون للدائرة خواص حثية .

2 - عند الترددات الواطئة : $(X_L < X_C)$ وتكون للدائرة خواص سعوية .

3 - عند التردد الطبيعي : $(X_L = X_C)$ وتكون للدائرة خواص مقاومة اومية صرف .

س / دائرة تيار متناوب متوالية الربط مؤلفة من ملف معامل حثه الذاتي معلوم (L) ومتسعة ذات سعة (C) ومذبذب كهربائي .
وضح كيف تجعل هذه الدائرة تعمل بخواص : 1 - حثية . 2 - سعوية . 3 - اومية صرف .

ج / نحسب اولا التردد الطبيعي للدائرة من القانون : $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ ثم نقوم بالخطوات التالية :



1 - نجعل تردد المذبذب اكبر من التردد الطبيعي فتكون للدائرة خواص حثية .

2 - نجعل تردد المذبذب اصغر من التردد الطبيعي فتكون للدائرة خواص سعوية .

3 - نجعل تردد المذبذب يساوي التردد الطبيعي فتكون للدائرة خواص مقاومة اومية صرف .

س / ما تاثير زيادة مقاومة الدائرة الكهربائية على ترددها الطبيعي ؟

ج / لا تؤثر . لعدم وجود المقاومة في قانون التردد الطبيعي ولكن تقل سعة الاهتزاز (يقل التيار فيها) .

س / اذكر اهم مميزات (خواص) دائرة رنين التوالي الكهربائية التي تحتوي (مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف ومذبذب كهربائي ؟ وارسم مخطط بياني يوضح العلاقة بين تيار الدائرة والتردد الزاوي ؟

ج /

حفظ

1- $X_L = X_C$ شرط حدوث الرنين

2- $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ او $\omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

3- $V_L = V_C$

4- $Z = R$ وتكون اقل ما يمكن

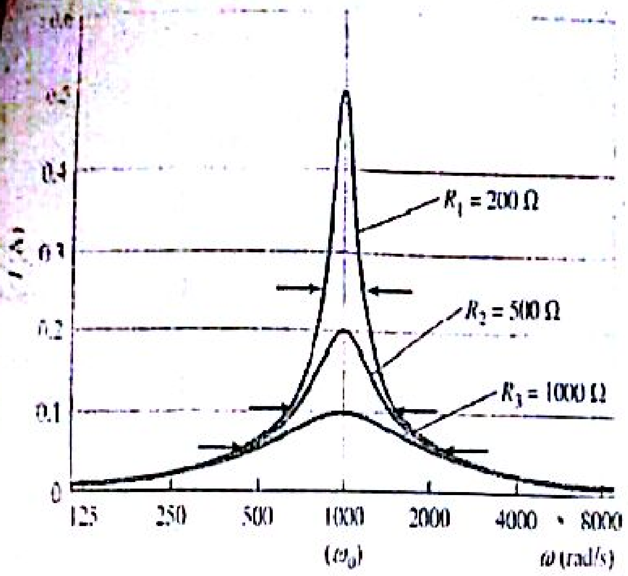
5- $I_T = \frac{V_T}{Z} = \frac{V_T}{R}$ ويكون اعظم ما يمكن

6- $V_T = V_R$

7- $\Phi = 0°$

8- عامل القدرة $Pf = 1$

9- $P_{real} = P_{app}$



ملاحظة :عند التردد الرنيني يصل التيار الى مقداره الأعظم (ذروته) كما موضح بالمخطط البياني .

س / ما المقصود بـ (عامل النوعية) للدائرة الرنينية ؟ وما رمزه ؟ وما قانونه ؟ وعلام يعتمد ؟

ج / هو النسبة بين التردد الزاوي الرنيني (ω_r) الى نطاق التردد الزاوي ($\Delta\omega$) . ويرمز له : (Qf)

قانونه : $Qf = \frac{\omega_r}{\Delta\omega}$ حيث ان : (ω_r) التردد الزاوي ويساوي $\omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

($\Delta\omega$) نطاق التردد الزاوي : هو الفرق بين التردد الزاوي عند منتصف المقدار الاعظم للقدرة المتوسطة . $\Delta\omega = \omega_2 - \omega_1 \Longrightarrow \Delta\omega = \frac{R}{L}$

ويصبح عامل النوعية يساوي : $Qf = \frac{\omega_r}{\Delta\omega} = \frac{\frac{1}{\sqrt{LC}}}{\frac{R}{L}} = \frac{\sqrt{L} \times \sqrt{L}}{R \times \sqrt{C} \times \sqrt{L}} \Longrightarrow Qf = \frac{1}{R} \times \sqrt{\frac{L}{C}}$

يعتمد على : 1 ـ مقاومة الدائرة . فعندما تكون صغيرة المقدار تجعل منحني القدرة المتوسطة حاداً فيكون عرض نطاق التردد الزاوي صغيراً وعندئذ يكون عامل النوعية لهذه الدائرة عالياً والعكس صحيح . (تناسب عكسي) ($Qf \propto \frac{1}{R}$)

2 ـ معامل الحث الذاتي للملف . (تناسب طردي) ($Qf \propto \sqrt{L}$) .

3 ـ سعة المتسعة . (تناسب عكسي) ($Qf \propto \frac{1}{\sqrt{C}}$) .

س / علام يعتمد نطاق التردد الزاوي ($\Delta\omega$) ؟ وما قانونه ؟

ج / 1 ـ مقدار مقاومة الدائرة . (تناسب طردي) ($\Delta\omega \propto R$)

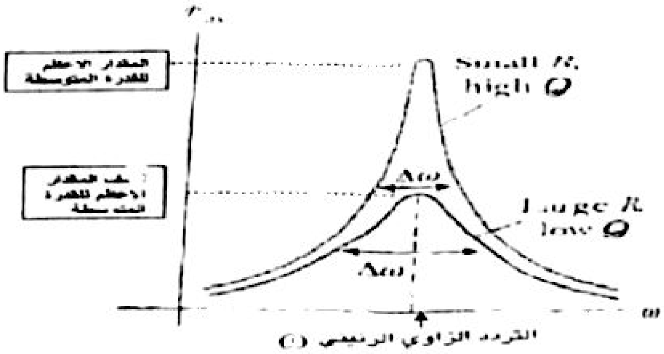
2 ـ معامل الحث الذاتي للملف . (تناسب عكسي) ($\Delta\omega \propto \frac{1}{L}$)

ويعطى بالعلاقة $\Delta\omega = \frac{R}{L}$

س / متى تكون القدرة المتوسطة (P_{avg}) بمقدارها الاعظم ؟ وأرسم مخطط بياني يمثل العلاقة بين القدرة المتوسطة والتردد الزاوي لمقدارين مختلفين للمقاومة لدائرة تيار متناوب متوالية الربط مؤلفة من مقاومة صرف ومتسعة ومحث صرف (R L C) .

ج / عندما تكون الدائرة في حالة رنين .
وعندها يكون التردد الزاوي للدائرة يساوي التردد الرنيني

$$\omega = \omega_r$$



مثال 7

دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي مقاومة صرف ($R = 500\ \Omega$) ومحث صرف ($L = 2\ H$) ومتسعة ذات سعة صرف ($C = 0.5\ \mu F$) ومذبذباً كهربائياً مقدار فرق الجهد بين طرفيه (100 v) ثابتا والدائرة في حالة رنين احسب مقدار : 1 - التردد الزاوي الرنيني ؟ 2 - رادة الحث ورادة السعة والرادة المحصلة ؟
3 - التيار المنساب في الدائرة ؟ 4 - الفولطية عبر كل من (المقاومة والمحث والمتسعة والرادة المحصلة ؟
5 - زاوية فرق الطور Φ بين الفولطية الكلية و التيار وعامل القدرة ؟

الحل /

1 - $$\omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{2 \times 0.5 \times 10^{-6}}} = 1000\ \frac{rad}{S}$$

2 - $$X_L = \omega_r L = 1000 \times 2 = 2000\ \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{\omega_r C} = \frac{1}{1000 \times 0.5 \times 10^{-6}} = 2000\ \Omega$$

$$X = (X_L - X_C) = 2000 - 2000 = 0$$

3 - $Z = R = 500\ \Omega$ بما ان الدائرة في حالة رنين . فان الممانعة الكلية ⟹ $I = \frac{V_T}{Z} = \frac{100}{500} = 0.2\ A$

4 - $$V_R = I.R = 0.2 \times 500 = 100\ v$$

$$V_L = I.X_L = 0.2 \times 2000 = 400\ v$$

$$V_C = I.X_C = 0.2 \times 2000 = 400\ v$$

$$V_X = (V_L - V_C) = 400 - 400 = 0$$

متجه الطور للفولطية ومتجه الطور للتيار يكونان بطور واحد في الدائرة الرنينية فتكون زاوية فرق الطور تساوي ($\Phi = 0°$)

5 - $\tan\Phi = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{0}{500} = 0°$ ⟹ عامل القدرة $Pf = \cos\Phi = \frac{R}{Z} = \frac{500}{500} = 1$

ملاحظة أثرائية

1 - يمكن التعبير عن دائرة الرنين التوالي بطريقة غير مباشرة فنقول مثلاً :
(a) أصبحت ممانعة الدائرة اقل ما يمكن . (b) أصبح تيار الدائرة أعظم ما يمكن .
(c) أنطبق متجه الفولطية على متجه التيار . (d) وكان عامل القدرة في الدائرة يساوي واحد صحيح . وهكذا ...

2 - اذا لم يحدد في السؤال نوع الربط فيمكن معرفة نوع الربط (توالي او توازي) .....
فاذا كان $R < Z$ فأن الربط توالي
فاذا كان $R > Z$ فأن الربط توازي

خلاصة الفصل الثالث

التيار المتناوب : هو عبارة عن تيار يتغير دوريا مع الزمن وينعكس اتجاهه مرات عديدة في الثانية الواحدة ويرمز له (a c) .
ويمكن الحصول عليه : من مولدات ضخمة للتيار المتناوب . ويفضل أستعماله :1 ـ لسهولة نقله الى مسافات بعيدة وبأقل خسائر بالطاقة
2 ـ يفيد في امكانية تطبيق قانون فراداي في الحث الكهرومغناطيسي ومعظم الاجهزة الكهربائية تعمل على هذا المبدأ .
وعندما نقول : أنساب تيار (مثلاً) والفولطية (مثلاً) في دائرة تيار متناوب فأننا نقصد بهذا التيار والفولطية
بالتيار المؤثر (الفعال) :هو مقدار التيار المتناوب المساوي للتيار المستمر الذي لو انساب خلال مقاومة معينة فأنه يولد التأثير الحراري نفسه الذي يولده التيار المتناوب المنساب خلال المقاومة نفسها ولفترة الزمنية نفسها . ويرمز له (I_{eff}) . والفولطية المؤثرة (V_{eff})

وقانونه :

$$I_{eff} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{I_m}{1.414} = 0.707\ I_m$$

$$V_{eff} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = \frac{V_m}{1.414} = 0.707\ V_m$$

دائرة تيار متناوب تحتوي على مقاومة صرف (فقط)

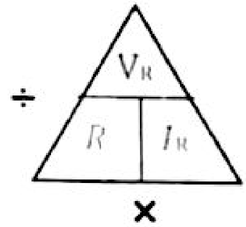
فأن متجه V_R بنفس طور متجه I_R

وزاوية فرق الطور تساوي $\Phi = 0°$

$$I_R = I_m \sin(\omega t)$$

$$V_R = V_m \sin(\omega t)$$

$$P = I_R . V_R$$



المقاومة الصرف R : هي مقاومة خالية من الحث الذاتي (مثالية) وتكون مستقيمة الشكل او ملف ملفوف بأتجاهين متعاكسين وتخضع لقانون جول لانها تستهلك قدرة بشكل طاقة حرارية دائماً . ومعدل منحني القدرة لا يساوي صفر اً
(لمنحني القدرة اجزاء موجبة فقط)
القدرة المتوسطة تساوي نصف القدرة العظمى $P_{avg} = \frac{1}{2}\ I_m . V_m$

و تقاس بوحدة (Ω ohm)
لا [illegible] : مقدار تردد المصدر أو التردد الزاوي .

دائرة تيار متناوب تحتوي على محث صرف (فقط)

فأن متجه V_L تتقدم على متجه I_L

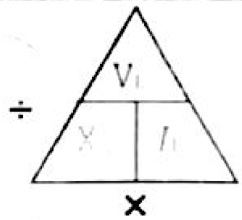
بزاوية فرق طور $\Phi = \frac{\pi}{2} = +90°$

$$I_L = I_m \sin(\omega t)$$

$$V_L = V_m \sin(\omega t + 90°)$$

$$P = I_L . V_L$$

$$X_L = \omega L = 2\pi f L$$



رادة الحث X_L : هي المعاكسة التي يبديها المحث لتغير في التيار المار فيه .
ولا تعتبر مقاومة ولا تخضع لقانون جول لانها لا تستهلك قدرة . والقدرة المتوسطة تساوي صفر . ولكنها تقاس بوحدة (Ω ohm) وتطبق عليها الصيغة الرياضية لقانون ohm . وتعتمد على :
1 ـ معامل الحث الذاتي للمحث L .
التناسب طردي ($X_L \propto L$) بثبوت التردد الزاوي ω
2 ـ التردد الزاوي ω . التناسب طردي بثبوت معامل الحث الذاتي للمحث L ($X_L \propto \omega$)

دائرة تيار متناوب تحتوي على على متسعة (فقط) ذات سعة صرف

متجه I_C يتقدم على متجه V_C

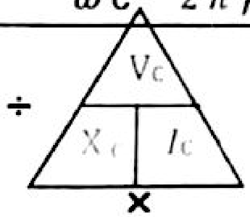
بزاوية فرق طور $\Phi = \frac{\pi}{2} = +90°$

$$I_C = I_m \sin(\omega t + 90°)$$

$$V_C = V_m \sin(\omega t)$$

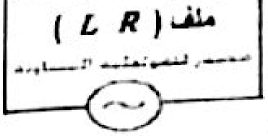
$$P = I_C . V_C$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$



رادة السعة X_C : هي المعاكسة التي تبديها المتسعة لتغير في فولطية الدائرة .
ولا تعتبر مقاومة ولا تخضع لقانون جول لانها لا تستهلك قدرة . والقدرة المتوسطة تساوي صفر . ولكنها تقاس بوحدة (Ω ohm) وتطبق عليها الصيغة الرياضية لقانون ohm . وتعتمد على :
1 ـ سعة المتسعة C . التناسب عكسي ($X_C \propto \frac{1}{C}$) بثبوت التردد الزاوي ω
2 ـ التردد الزاوي ω . التناسب عكسي ($X_C \propto \frac{1}{\omega}$) بثبوت سعة المتسعة C

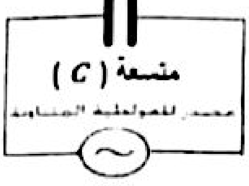
وجود الملف في دائرة التيار المتناوب
يسلك الملف سلوك ممانعة لوجود مقاومة ورادة حث حيث تعد المقاومة موصلة على التوالي مع رادة الحث



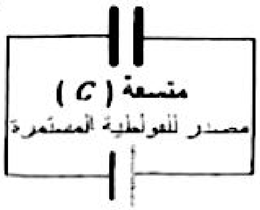
وجود الملف في دائرة التيار المستمر
يسلك الملف سلوك مقاومة صرف لان تردد التيار المستمر يساوي صفر فأن :
$X_L = 2\pi f L = 2\pi \times 0 \times L = 0$



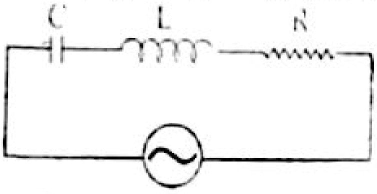
وجود المتسعة في دائرة التيار المتناوب
حيث تنشحن مرتين وتتفرغ مرتين بالتعاقب في كل دورة وبذلك تعد الدائرة الكهربائية مغلقة ويسري تيار في الدائرة وتعمل المتسعة عندئذ عمل مفتاح مغلق .



وجود المتسعة في دائرة التيار المستمر
فأنها تنشحن مرة واحدة حيث يصبح فرق الجهد بين لوحيها مساويا لفولطية المصدر فتقطع التيار . وتعمل المتسعة عندئذ عمل مفتاح مفتوح .

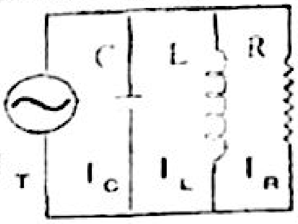


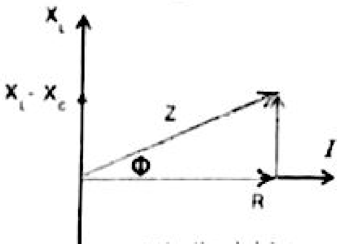
وعند ربط دائرة تيار متناوب تحتوي على مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف (R − L − C)



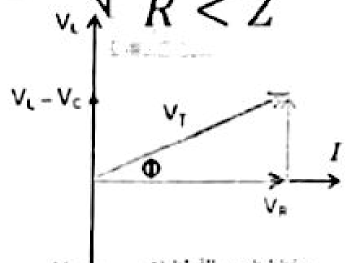
ربط التوالي — ربط التوازي

$R < Z$ أثـراء $R > Z$

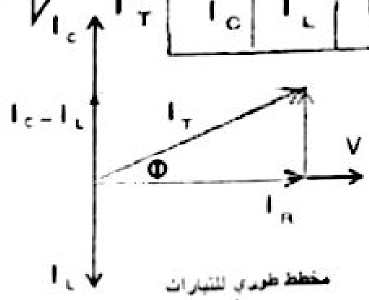




مخطط طوري للممانعة Z



مخطط طوري للفولطيات V_T



مخطط طوري للتيارات I_T

ربط التوازي:

$$I_T = \sqrt{I_R^2 + (I_C - I_L)^2}$$

$$Z = \frac{V_T}{I_T}$$

$$V_T = I_T \cdot Z = V_R = V_L = V_C$$

اثـراء **عامل القدرة** $Pf = \cos\Phi = \frac{I_R}{I_T} = \frac{Z}{R}$

$$\tan\Phi = \frac{(I_C - I_L)}{I_R}$$

ربط التوالي:

$$V_T = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$I = \frac{V_T}{Z} = I_R = I_L = I_C$$

عامل القدرة $Pf = \cos\Phi = \frac{V_R}{V_T} = \frac{R}{Z}$

$$\tan\Phi = \frac{(V_L - V_C)}{V_R} = \frac{(X_L - X_C)}{R}$$

القدرة الحقيقية $P_{real} = I_T \cdot V_T \cdot \cos\Phi = \frac{V_R^2}{R} = I_R^2 R$ (تقاس بـ $Watt$)

القدرة الظاهرية $P_{app} = I_T \cdot V_T = \frac{V_T^2}{Z} = I_T^2 Z$ (تقاس بـ $Volt \cdot Ammpere$)

$$Pf = \cos\Phi = \frac{P_{real}}{P_{app}}$$

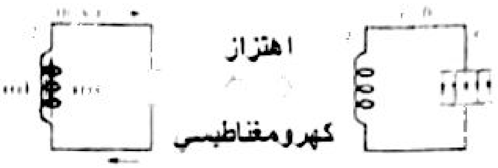
$I_C < I_L$ **تكون للدائرة** خواص حثية و (سالبة = Φ)
$I_C > I_L$ **تكون للدائرة** خواص سعوية و (موجبة = Φ)
$I_C = I_L$ **تكون للدائرة** خواص مقاومة صرف و($\Phi = 0°$)

$X_L > X_C$ او $V_L > V_C$ **تكون للدائرة** خواص حثية و (موجبة = Φ)
$X_L < X_C$ او $V_L < V_C$ **تكون للدائرة** خواص سعوية و (سالبة = Φ)
$X_L = X_C$ او $V_L = V_C$ **تكون للدائرة خواص** مقاومة صرف و($\Phi = 0°$)

دائرة الاهتزاز الكهرومغناطيسي : هي عبارة عن دائرة كهربائية مغلقة تتألف من متسعة ذات سعة صرف متغيرة السعة ومحث صرف . وتسمى بدائرة المحث ـ المتسعة ($L - C$) .

تختزن الطاقة في المتسعة على شكل مجال كهربائي وتعطى بالعلاقة :

$$PE_{electric} = \frac{1}{2} \times \frac{Q^2}{C}$$



تختزن الطاقة في المحث على شكل مجال مغناطيسي وتعطى بالعلاقة :

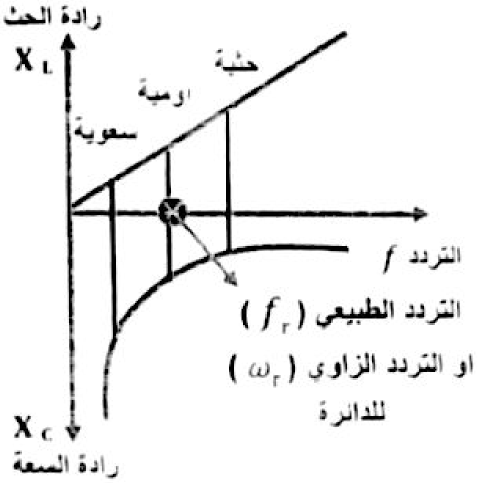
$$PE_{magnetic} = \frac{1}{2} \times L I^2$$

التـــردد : هو العامل الذي يحدد خواص اي دائرة متوالية الربط مولفة من (مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف) ؟

1 ـ عند الترددات العالية : ($X_L > X_C$) **وتكون للدائرة خواص حثية .**

2 ـ عند الترددات الواطئة : ($X_L < X_C$) **وتكون للدائرة خواص سعوية .**

3 ـ عند التردد الطبيعي : ($X_L = X_C$) **وتكون للدائرة خواص مقاومة صرف .**



الرنين الكهربائي : **هو حالة خاصة من الاهتزاز الاضطراري يحصل بين دائرة كهربائية ومصدر فولطية متناوبة .**

وشرط الرنين الكهربائي : **هو تساوي رادة الحث مع رادة السعة** ($X_L = X_C$) .

و يمكن الحصول على حالة الرنين بطريقتين :

1 ـ نغير تردد المصدر حتى يصبح مساوياً للتردد الطبيعي للدائرة .

2 ـ نغير التردد الطبيعي للدائرة حتى يصبح مساوياً لتردد المصدر عن طريق { (أ) ... معامل الحث الذاتي للمحث ... ( ) }

ويسمى هذا الاسلوب بـ (توليف الدائرة) او (تنغيم الدائرة) :

وهي عملية جعل تردد دائرة الاستقبال مساوياً لتردد الاشارة المطلوب تسلمها .

ونحسب التردد الطبيعي او التردد الرنيني من العلاقة التالية :

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad \text{او} \quad \omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

ويعتمد على : **1 ـ معامل الحث الذاتي للمحث (L) تناسب عكسي .**

2 ـ سعة المتسعة (C) تناسب عكسي .

مميزات (خواص) رنين التوالي الكهربائي

شرط حدوث الرنين $X_L = X_C$

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad \text{او} \quad \omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$V_L = V_C$$

$Z = R$ **وتكون اقل ما يمكن**

$I_T = \frac{V_T}{Z} = \frac{V_T}{R}$ **ويكون اعظم ما يمكن**

$$V_T = V_R$$

$$\Phi = 0^\circ$$

عامل القدرة $Pf = 1$

$$P_{real} = P_{app}$$

عامل النوعية للدائرة الرنينية : **هو النسبة بين التردد الزاوي الرنيني (ω_r) ونطاق التردد الزاوي ($\Delta\omega$) . ورمزه : (Qf) .**

وقانونه :

$$Qf = \frac{\omega_r}{\Delta\omega} \quad \text{او} \quad Qf = \frac{1}{R} \times \sqrt{\frac{L}{C}}$$

ويعتمد على :

1 ـ مقاومة الدائرة (تناسب عكسي) ($Qf \propto \frac{1}{R}$) .

2 ـ معامل الحث الذاتي للملف . (تناسب طردي) ($Qf \propto \sqrt{L}$) .

3 ـ سعة المتسعة . (تناسب عكسي) ($Qf \propto \frac{1}{\sqrt{C}}$) .

نطاق التردد الزاوي ($\Delta\omega$) : **هو الفرق بين التردد الزاوي عند منتصف المقدار الاعظم للقدرة المتوسطة .**

وقانونه

$$\Delta\omega = \frac{R}{L}$$

ويعتمد على : **1 ـ مقدار مقاومة الدائرة (تناسب طردي) ($\Delta\omega \propto R$)**

2 ـ معامل الحث الذاتي للملف (تناسب عكسي) ($\Delta\omega \propto L$)

حل أسئلة الفصل الثالث

1 اختر العبارة الصحيحة لكل من العبارات الآتية :

1 - دائرة تيار متناوب متوالية الربط الحمل فيها يتألف من مقاومة صرف (R) يكون فيها مقدار القدرة المتوسطة لدورة كاملة او لعدد صحيح من الدورات :

(a) يساوي صفرا ومتوسط التيار يساوي صفرا . (b) يساوي صفرا ومتوسط التيار يساوي نصف المقدار الاعظم للتيار .
(c) نصف المقدار الاعظم للقدرة ومتوسط التيار يساوي صفرا . (d) نصف المقدار الاعظم للقدرة ومتوسط التيار يساوي نصف المقدار الاعظم للتيار .

2- دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي محث صرف ومتسعة ذات سعة صرف ومقاومة صرف ($L\ C\ R$) لا يمكن ان يكون فيها:

(a) التيار خلال المتسعة متقدم على التيار خلال المحث بفرق طور ($\Phi = \pi$) .

(b) التيار خلال المتسعة متقدما على التيار خلال المقاومة بفرق طور ($\Phi = \pi/2$) .

(c) التيار خلال المقاومة والتيار خلال المتسعة يكونان بالطور نفسه ($\Phi = 0$) .

(d) التيار خلال المحث يتأخر عن التيار خلال المقاومة بفرق الطور ($\Phi = \pi/2$) .

---

3 - في دائرة الاهتزاز الكهرومغناطيسي ، عند اللحظة التي يكون فيها مقدار التيار صفرا تكون الطاقة المختزنة في المجال الكهربائي بين صفيحتي المتسعة فيها : (a) صفرا (b) بأعظم مقدار (c) نصف مقدارها الاعظم (d) تساوي 0.707 من مقدارها الاعظم

4- دائرة تيار متناوب ، تحتوي على مذبذب كهربائي فرق جهده ثابت المقدار ، ربطت بين طرفيه متسعة ذات سعة صرف سعتها ثابتة المقدار عند أزدياد تردد فولطية المذبذب : (a) يزداد مقدار التيار في الدائرة . (b) يقل مقدار التيار في الدائرة .
(c) ينقطع مقدار التيار في الدائرة . (d) أي من العبارات السابقة يعتمد ذلك على مقدار سعة المتسعة .

5- دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي محثا صرف ومتسعة ذات سعة صرف ومقاومة صرف ($L\ C\ R$) فأن جميع القدرة في هذه الدائرة : (a) تتبدد خلال المقاومة (b) تتبدد خلال المتسعة (c) تتبدد خلال المحث (d) تتبدد خلال العناصر الثلاث في الدائرة

---

6 - دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي محثا صرف ومتسعة ذات سعة صرف ومقاومة صرف ($R\ L\ C$) ومذبذب كهربائي عندما يكون تردد المذبذب اصغر من التردد الرنيني لهذه الدائرة فانها تمتلك :

(a) خواص حثية بسبب كون : $X_L > X_C$. (b) خواص سعوية بسبب كون : $X_C < X_L$.
(c) خواص اومية خالصة بسبب كون : $X_L = X_C$. (d) خواص سعوية بسبب كون : $X_C > X_L$.

---

7 - دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي محث صرف ومتسعة ذات سعة صرف ومقاومة صرف ($R\ L\ C$) عندما تكون الممانعة الكلية للدائرة بأصغر مقدار وتيار هذه الدائرة بأكبر مقدار فأن مقدار عامل القدرة فيها :

(a) اكبر من الواحد الصحيح . (b) اقل من الواحد الصحيح . (c) يساوي صفرا . (d) يساوي واحد صحيح .

---

8 - دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي ملف غير مهمل المقاومة (RL) لجعل عامل القدرة في هذه الدائرة يساوي الواحد الصحيح تربط في هذه الدائرة متسعة على : (a) التوالي مع الملف بشرط ان تكون رادة الحث X_L اصغر من رادة السعة X_C .
(b) التوازي مع الملف بشرط ان تكون رادة الحث X_L تساوي رادة السعة X_C .
(c) التوالي مع الملف بشرط ان تكون رادة الحث X_L اكبر من رادة السعة X_C .
(d) التوالي مع الملف بشرط ان تكون رادة الحث X_L تساوي رادة السعة X_C .

---

9 - دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي محثا صرف ومتسعة ذات سعة صرف ومقاومة صرف ($R\ L\ C$) تكون لهذه الدائرة خواص حثية اذا كانت : (a) رادة الحث X_L اكبر من رادة السعة X_C . (b) رادة السعة X_C اكبر من رادة الحث X_L .
(c) رادة الحث X_L تساوي رادة السعة X_C . (d) رادة السعة X_C اصغر من المقاومة .

10 - مصدران للتيار المتناوب يجهز كل منهما فولطية كدالة جيبية فرق جهدهما متساوي في قيمته العظمى ولكنهما يمتلكان تردد زاوي مختلف وكان التردد الزاوي ω_1 للاول اكبر من التردد الزاوي ω_2 للثاني فان :

(a) المقدار الموثر لفرق جهد المصدر الاول اكبر من المقدار الموثر لفرق جهد المصدر الثاني .

(b) المقدار الموثر لفرق جهد المصدر الاول اصغر من المقدار الموثر لفرق جهد المصدر الثاني .

(c) المقدار الآني لفرق جهد المصدر الاول اصغر من المقدار الآني لفرق جهد المصدر الثاني .

(d) المقدار الآني لفرق جهد المصدر الاول اكبر من المقدار الآني لفرق جهد المصدر الثاني .

2 اثبت ان كل من رادة الحث ورادة السعة تقاس بالاوم ؟ الجواب : صفحة (3 و 4)

3 بين بوساطة رسم مخطط بياني كيف تتغير كل من رادة الحث مع تردد التيار ورادة السعة مع تردد الفولطية ؟ ج/ صفحة(5)

4 دائرة تيار متناوب تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف($R\ L\ C$) مربوطة على التوالي مع بعضها وربطت مجموعتها مع مصدرا للفولطية المتناوبة . ما العلاقة بين المتجه الطور للفولطية الكلية ومتجه الطور للتيار في الحالات التالية : (a) رادة الحث تساوي رادة السعة ($X_L = X_C$) (b) رادة الحث اكبر من رادة السعة ($X_L > X_C$) . (c) رادة الحث اصغر من رادة السعة ($X_L < X_C$) . الجواب : صفحة (9)

5 دائرة تيار متناوب تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف ($R\ L\ C$) مربوطة على التوالي مع بعضها وربطت مجموعتها مع مصدر للفولطية المتناوبة . وضح كيف يتغير كل من المقاومة ورادة الحث ورادة السعة اذا تضاعف التردد الزاوي للمصدر ؟

ج / المقاومة : لا تتغير

رادة الحث : تتضاعف . لانها تتناسب طردياً مع التردد الزاوي ($X_L \propto \omega$) حسب العلاقة : ($X_L = \omega L$) .

توضيح : $\frac{X_{L1}}{X_{L2}} = \frac{\omega_1}{\omega_2} \Rightarrow \frac{X_{L1}}{X_{L2}} = \frac{\omega_1}{2\omega_1} \Rightarrow \frac{X_{L1}}{X_{L2}} = \frac{1}{2} \Rightarrow X_{L2} = 2X_{L1}$

رادة السعة : تقل الى نصف ما كانت عليها لانها تتناسب عكسياً مع التردد الزاوي ($X_C \propto \frac{1}{\omega}$) حسب العلاقة : ($X_C = \frac{1}{\omega C}$)

توضيح : $\frac{X_{C1}}{X_{C2}} = \frac{\omega_2}{\omega_1} \Rightarrow \frac{X_{C1}}{X_{C2}} = \frac{2\omega_1}{\omega_1} \Rightarrow \frac{X_{C1}}{X_{C2}} = \frac{2}{1} \Rightarrow X_{C2} = \frac{1}{2} X_{C1}$

6 علام يعتمد مقدار كل مما يلي :

1 - الممانعة الكلية لدائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف (RLC)

2 - عامل القدرة في دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف (RLC)

3 - عامل النوعية في دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف (RLC)

ج / 1 : (a) مقاومة الدائرة R . (b) معامل الحث الذاتي L . (c) سعة المتسعة C . (b) تردد المصدر f .

2 : مقاومة الدائرة R وممانعة الدائرة Z . او زاوية فرق الطور Φ . او يعتمد على نسبة القدرة الحقيقية الى القدرة الظاهرية .

3 : (a) مقاومة الدائرة R . (b) معامل الحث الذاتي للملف L . (c) سعة المتسعة C . $Qf = \frac{1}{R} \times \sqrt{\frac{L}{C}}$

او يعتمد على النسبة بين مقداري التردد الزاوي الرنيني (ω_r) ونطاق التردد الزاوي ($\Delta\omega$) .

7 ما الذي تمثله كل من الاجزاء الموجبة والاجزاء السالبة في منحني القدرة الآنية في دائرة تيار متناوب تحتوي فقط :

1 - محث صرف . 2 - متسعة ذات سعة صرف . الجواب : صفحة (6)

8

a - لماذا يفضل استعمال محث صرف في التحكم بتيار التفريغ في مصباح الفلورسنت ولا تستعمل المقاومة الصرف ؟

ج/ لان المحث عندما يكون صرف لا يستهلك (لا يبدد) قدرة بينما المقاومة تستهلك (تبدد) قدرة .

b - ما هي مميزات دائرة رنين التوالي الكهربائية التي تحتوي (مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف) ومذبذب كهربائي ؟ الجـــواب : صـــفـــ(14)ـــحـــة

c - ما مقدار عامل القدرة في دائرة تيار متناوب ؟ (مع ذكر السبب) اذا كان الحمل يتألف من : 1 - مقاومة صرف . 2 - محث صرف . 3 - متسعة ذات سعة صرف . 4 - ملف ومتسعة متوالية الربط ليست في حالة رنين . الجـــواب : صـــفـــ(9)ـــحـــة

9

ما المقصود بكل من :

1- عامل القدرة : هو النسبة بين القدرة الحقيقية (P_{real}) الى القدرة الظاهرية (P_{app}) ويرمز له Pf .

2 - عامل النوعية : هو النسبة بين التردد الزاوي الرنيني (ω_r) ونطاق التردد الزاوي ($\Delta\omega$) . ويرمز له (Qf)

3 - المقدار المؤثر للتيار المتناوب : هو مقدار التيار المتناوب المساوي للتيار المستمر الذي لو انساب خلال مقاومة معينة فانه يولد التأثير الحراري نفسه الذي يولده التيار المتناوب المنساب خلال المقاومة نفسها ولفترة الزمنية نفسها . ويرمز له (I_{eff}) .

4 - دائرة الاهتزاز الكهرومغناطيسي : هي عبارة عن دائرة كهربائية مغلقة تتألف من متسعة ذات سعة صرف متغيرة السعة ومحث صرف . وتسمى بدائرة المحث - المتسعة ($L - C$) . يتغير فيها كل من التيار وفرق الجهد بشكل دالة جيبية .

10

دائرة تيار متناوب تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف ($R\ L\ C$) على التوالي مع بعضها وربطت مجموعتهما مع مصدر للفولطية المتناوبة . وكانت هذه الدائرة في حالة رنين .وضح ما هي خصائص هذه الدائرة وما علاقة الطور بين متجه الطور للفولطية ومتجه الطور للتيار اذا كان ترددها الزاوي :

1- اكبر من التردد الزاوي الرنيني . 2- اصغر من التردد الزاوي الرنيني . 3- يساوي التردد الزاوي الرنيني .

ج / 1 - تكون للدائرة خواص حثية . لان ($X_L > X_C$) . متجه الفولطية يتقدم على متجه التيار وتكون زاوية فرق الطور Φ موجبة .

2 - تكون للدائرة خواص سعوية . لان ($X_L < X_C$) . متجه الفولطية يتأخر عن متجه التيار وتكون زاوية فرق الطور Φ سالبة .

3 - وتكون للدائرة خواص مقاومة صرف وبحالة رنين . لان ($X_L = X_C$) . متجه الفولطية بنفس طور متجه التيار وتكون زاوية فرق الطور Φ = صفر .

11

ربط مصباح كهربائي على التوالي مع متسعة ذات سعة صرف ومصدرا للتيار المتناوب عند أي من الترددات الزاوية العالية ام الواطئة يكون المصباح اكثر توهجا ؟ وعند أي منهما يكون المصباح اقل توهجا بثبوت مقدار فولطية المصدر ؟ وضح ذلك .

ج / عند الترددات العالية يكون التوهج اكثر لان رادة السعة (تقل) فيؤدي الى الممانعة (تقل) فيؤدي الى التيار (يزداد) التوهج يزداد

$$I = \frac{V_T}{Z} \qquad Z = \sqrt{R^2 + (X_C)^2} \qquad X_C = \frac{1}{\omega C}$$

عند الترددات الواطئة يكون التوهج اقل لان رادة السعة (تزداد) فيؤدي الى الممانعة (تزداد) فيؤدي الى التيار (يقل) التوهج يقل

$$I = \frac{V_T}{Z} \qquad Z = \sqrt{R^2 + (X_C)^2} \qquad X_C = \frac{1}{\omega C}$$

12

ربط مصباح كهربائي على التوالي مع محث صرف ومصدرا للتيار المتناوب عند أي من الترددات الزاوية العالية ام الواطئة يكون المصباح اكثر توهجا ؟ وعند أي منها يكون المصباح اقل توهجا ؟ وضح ذلك .

ج / عند الترددات الواطئة يكون التوهج اكثر لان رادة الحث (تقل) فيؤدي الى الممانعة (تقل) فيؤدي الى التيار (يزداد) التوهج يزداد

$$I = \frac{V_T}{Z} \qquad Z = \sqrt{R^2 + (X_L)^2} \qquad X_L = \omega L$$

عند الترددات العالية يكون التوهج اقل لان رادة الحث (تزداد) فيؤدي الى الممانعة (تزداد) فيؤدي الى التيار (يقل) التوهج يقل

$$I = \frac{V_T}{Z} \qquad Z = \sqrt{R^2 + (X_L)^2} \qquad X_L = \omega L$$

1 مصدر للفولطية المتناوبة ربطت بين طرفيه مقاومة صرف مقدارها ($250\ \Omega$) يعطى فرق الجهد بين طرفي المصدر بالعلاقة التالية : $V_R = 500 \sin(200\pi t)$

1 - اكتب العلاقة التي يعطى بها التيار في الدائرة .

2- المقدار المؤثر للفولطية والمقدار المؤثر للتيار .

3 - تردد الدائرة والتردد الزاوي في الدائرة .

الحل / $I_R = 2 \sin(200\pi t)$ ⬅ التيار الآني $I_R = I_m \sin(\omega t)$ ⬅ $1 - I_m = \frac{V_m}{R} = \frac{500}{250} = 2\ A$

$2 - V_R = V_m \sin(\omega t)$

$V_R = 500 \sin(200\pi t)$ بالمقارنة

$V_m = 500\ v$ ⬅ $V_{eff} = 0.707\ V_m = 0.707 \times 500 = 353.5\ v$ ⬅ $I_{eff} = \frac{V_{eff}}{R} = \frac{353.5}{250} = 1.414\ A$

3 - بالمقارنة $(2\pi f t) = (200\pi t)$ ⟹ $f = 100\ Hz$

$\omega = 2\pi f = 2 \times 3.14 \times 100$ ⟹ $\omega = 628\ \frac{rad}{S}$

---

2 دائرة اهتزاز كهرومغناطيسي تتألف من متسعة ذات سعة صرف سعتها ($\frac{50}{\pi}\ \mu F$) ومحث صرف معامل حثه الذاتي ($\frac{5}{\pi}\ mH$) احسب : 1 - التردد الطبيعي لهذه الدائرة . 2 - التردد الزاوي الطبيعي لهذه الدائرة .

الحل / $1 - f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{\frac{5}{\pi}\times 10^{-3} \times \frac{50}{\pi} \times 10^{-6}}} = \frac{1}{0.001} = 1000\ Hz$

$2 - \omega_r = 2\pi f = 2 \times 3.14 \times 1000$ ⟹ $\omega = 6280\ \frac{rad}{S}$

---

3 متذبذب كهربائي مقدار فرق الجهد بين طرفيه ثابت ($1.5\ v$) اذا تغير تردده من ($1\ Hz$) الى ($1\ MHz$) احسب : مقدار ممانعة الدائرة وتيار الدائرة عندما يربط بين طرفي المذبذب : اولاً : مقاومة صرف فقط ($R = 30\ \Omega$) . ثانياً : متسعة ذات سعة صرف فقط ($C = \frac{1}{\pi}\ \mu F$) . ثالثاً : محث صرف فقط معامل حثه الذاتي ($L = \frac{50}{\pi}\ mH$)

الحل / اولاً : $I = \frac{V_T}{Z} = \frac{1.5}{30} = 0.05\ A$ $\quad Z = R = 30\ \Omega$

ثانيا (a) $Z = X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi \times 1 \times (1/\pi) \times 10^{-6}} = 0.5 \times 10^{6}\ \Omega \quad I = \frac{V_T}{Z} = \frac{1.5}{0.5 \times 10^{6}} = 3 \times 10^{-6}\ A$

(b) $Z = X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi \times 1 \times 10^{6} \times (1/\pi) \times 10^{-6}} = 0.5\ \Omega \quad I = \frac{V_T}{Z} = \frac{1.5}{0.5} = 3\ A$

ثالثا : (a) $Z = X_L = 2\pi f L = 2\pi \times 1 \times \frac{50}{\pi} \times 10^{-3} = 0.1\ \Omega \quad I = \frac{V_T}{Z} = \frac{1.5}{0.1} = 15\ A$

(b) $Z = X_L = 2\pi f L = 2\pi \times 1 \times 10^{6} \times \frac{50}{\pi} \times 10^{-3} = 1 \times 10^{5}\ \Omega \quad I = \frac{V_T}{Z} = \frac{1.5}{10^{5}} = 15 \times 10^{-6}\ A$

4 ربط ملف بين قطبي بطارية فرق الجهد بينهما (20 v) كان تيار الدائرة (5 A) فاذا فصل الملف عن البطارية وربط بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة المقدار المؤثر لفرق الجهد بين قطبيه (20 v) بتردد ($\frac{700}{22}$ Hz) كان تيار الدائرة (4 A)
احسب مقدار : 1 - معامل الحث الذاتي للملف ؟ 2 - زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية الكلية ومتجه الطور للتيار مع رسم مخطط طوري للممانعة ؟ 3 - عامل القدرة ؟ 4 - كل من القدرة الحقيقية والقدرة الظاهرية ؟

الحل / 1 - في دائرة المستمر : (نجد مقاومة الملف)

$$R = \frac{V}{I} = \frac{20}{5} = 4\,\Omega$$

في دائرة المتناوب : (مقاومة الملف نفسها لا تتغير)

$$Z = \frac{V}{I} = \frac{20}{4} = 5\,\Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L)^2} \qquad 5 = \sqrt{4^2 + (X_L)^2} \qquad 25 = 16 + (X_L)^2 \qquad (X_L)^2 = 9 \qquad X_L = 3\,\Omega$$

$$X_L = 2\pi f L \longrightarrow 3 = 2 \times \frac{22}{7} \times \frac{700}{22} \times L \longrightarrow L = \frac{3}{200} = 0.015\ H$$

2 -
$$\tan\Phi = \frac{X_L}{R} = \frac{3}{4} \longrightarrow \Phi = 37^\circ$$

3 -
$$\text{عامل القدرة} = \cos\Phi \longrightarrow \cos 37^\circ = 0.8$$

4 -
$$P_{real} = I_T \cdot V_T \cdot \cos\Phi = 4 \times 20 \times 0.8 = 64\ Watt$$
$$P_{app} = I_T \cdot V_T = 4 \times 20 = 80\ V \cdot A$$

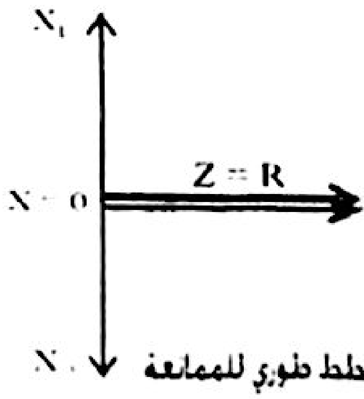
---

5 مقاومة صرف مقدارها (150 Ω) ربطت على التوالي مع ملف مهمل المقاومة معامل حثه الذاتي (0.2 H) ومتسعة ذات سعة صرف ربطت المجموعة بين قطبي مصدر للفولطية المتناوبة تردده ($\frac{500}{\pi}$ Hz) وفرق الجهد بين طرفيه (300 v) احسب مقدار : 1 - سعة المتسعة التي تجعل الممانعة الكلية في الدائرة (150 Ω) .
2 - عامل القدرة في الدائرة . وزاوية فرق الطور بين الفولطية الكلية والتيار . 3 - ارسم المخطط الطوري للممانعة .
4 - تيار الدائرة . 5 - القدرة الحقيقية (المستهلكة) والقدرة الظاهرية (المجهزة للدائرة) .

الحل / 1 - بما ان الممانعة تساوي المقاومة ($Z = R = 150\ \Omega$) اذن الدائرة في حالة رنين توالي والتردد يساوي التردد الرنيني

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \Rightarrow \frac{500}{\pi} = \frac{1}{2\pi\sqrt{0.2 \times C}} \Rightarrow 250000 = \frac{1}{4 \times 0.2 \times C} \Rightarrow C = 5 \times 10^{-6}\ F$$

2- $$\text{عامل القدرة} = \cos\Phi = \frac{R}{Z} = \frac{150}{150} = 1 \longrightarrow (\Phi = 0)$$



4- $$I = \frac{V_T}{Z} = \frac{300}{150} = 2\ A$$

5- $$P_{real} = I_T \cdot V_T \cdot \cos\Phi = 2 \times 300 \times 1 = 600\ Watt$$
$$P_{app} = I_T \cdot V_T = 2 \times 300 = 600\ V \cdot A$$

مخطط طوري للممانعة

6 دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي مقاومة صرف ومتسعة ذات سعة صرف مقدارها (20 μF) ومحث صرف ومصدر للفولطية المتناوبة فرق الجهد بين قطبي (100 v) بتردد ($\frac{100}{\pi}$ Hz) وكانت القدرة الحقيقية في الدائرة (80 W) عامل القدرة (0.8) وللدائرة خواص حثية . احسب مقدار : 1 - التيار في فرع المقاومة التيار في فرع المتسعة ؟ 2 - التيار الكلي 3 - زاوية فرق الطور بين التيار الكلي والفولطية مع رسم مخطط المتجهات الطورية للتيارات ؟ 4 - معامل الحث الذاتي للملف ؟

الحل / بما ان الربط على التوازي فان :

1 - $V_R = V_L = V_C = V_T = 100\ v$

$$P_{real} = \frac{V_T^2}{R} \Longrightarrow 80 = \frac{(100)^2}{R} \Longrightarrow R = 125\,\Omega \Longrightarrow I_R = \frac{V_T}{R} = \frac{100}{125} = 0.8\ A$$

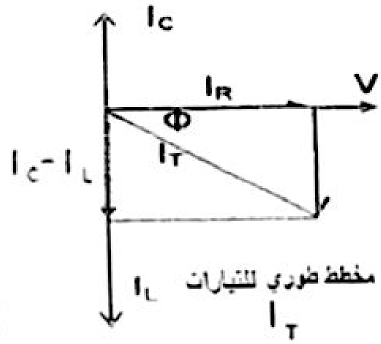
$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi \times (100/\pi) \times 20 \times 10^{-6}} = 250\ \Omega \Longrightarrow I_C = \frac{V_T}{X_C} = \frac{100}{250} = 0.4\ A$$

2 - $$Pf = \cos\Phi = \frac{I_R}{I_T} \Longrightarrow 0.8 = \frac{0.8}{I_T} \Longrightarrow I_T = 1\ A$$

3 - $$I_T = \sqrt{I_R^2 + (I_C - I_L)^2} \Rightarrow 1 = \sqrt{(0.8)^2 + (I_C - I_L)^2} \Rightarrow 1 = 0.64 + (I_C - I_L)^2$$

$(I_C - I_L)^2 = 1 - 0.64 = 0.36 \Rightarrow$ بالجذر $(I_C - I_L) = \pm\ 0.6$ نأخذ السالب لان الخصائص حثية

$$\tan\Phi = \frac{(I_C - I_L)}{I_R} = \frac{-0.6}{0.8} = \frac{-3}{4} \Rightarrow (\Phi = -37^\circ)$$



4 - $$(I_C - I_L) = -0.6 \Rightarrow (0.4 - I_L) = -0.6 \Rightarrow I_L = 1\ A$$

$$X_L = \frac{V_T}{I_L} = \frac{100}{1} = 100\ \Omega$$

$$X_L = 2\pi f L \Rightarrow 100 = 2\pi \times \frac{100}{\pi} \times L \Rightarrow L = \frac{100}{200} = 0.5\ H$$

---

7 دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي ملف مقاومته (10 Ω) ومعامل حثه الذاتي (0.5 H) ومقاومة صرف مقدارها (20 Ω) ومتسعة ذات سعة صرف ومصدرا للفولطية المتناوبة تردده ($\frac{100}{\pi}$ Hz) وفرق الجهد بين طرفيه (200 v) كان عامل القدرة (0.6) وللدائرة خواص سعوية . احسب مقدار : 1 - التيار في الدائرة ؟ 2 - سعة المتسعة ؟ 3 - ارسم مخطط الممانعة واحسب قياس زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية الكلية ومتجه الطور للتيار المتجهات الطورية ؟

الحل / 1 - $$Pf = \cos\Phi = \frac{R_T}{Z} \Longrightarrow 0.6 = \frac{10+20}{Z} \Longrightarrow 0.6 = \frac{30}{Z} \Longrightarrow Z = \frac{30}{0.6} = 50\ \Omega$$

$$I = \frac{V_T}{Z} = \frac{200}{50} = 4\ A$$

2 - $$X_L = 2\pi f L = 2 \times \pi \times \frac{100}{\pi} \times 0.5 = 100\,\Omega$$

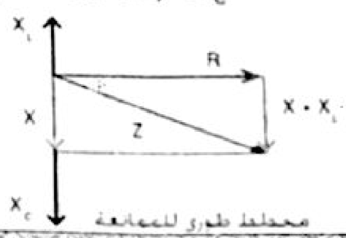
$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \Longrightarrow 50 = \sqrt{(30)^2 + (X_L - X_C)^2} \Longrightarrow 50 = \sqrt{900 + (X_L - X_C)^2}$$

بالتربيع $2500 = 900 + (X_L - X_C)^2 \Longrightarrow (X_L - X_C)^2 = 1600$

بالجذر $(X_L - X_C) = \pm\ 40$ نأخذ السالب لان الخصائص سعوية $\Longrightarrow 100 - X_C = -40 \Longrightarrow X_C = 140\ \Omega$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} \Longrightarrow 140 = \frac{1}{2\pi \times (100/\pi) \times C} \Longrightarrow C = \frac{1}{28000}\ F$$

3 - $$\tan\Phi = \frac{(X_L - X_C)}{R} = \frac{100 - 140}{30} = \frac{-40}{30} = \frac{-4}{3} \Longrightarrow \Phi = -53^\circ$$



8 مصدر للفولطية المتناوبة تردده الزاوي (400 rad/S) وفرق الجهد بين قطبيه (500 v) ربط بين قطبيه على التوالي متسعة سعتها (10 μF) وملف معامل حثه الذاتي (0.125 H) ومقاومته (150 Ω) ما مقدار :
1 - الممانعة وتيار الدائرة ؟ 2 - فرق الجهد عبر كل من المقاومة والمحث والمتسعة ؟
3 - زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية الكلية ومتجه الطور للتيار وما هي خصائص هذه الدائرة ؟ 4 - عامل القدرة ؟

الحل /

$$X_L = \omega L = 400 \times 0.125 = 50\ \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{400 \times 10 \times 10^{-6}} = 250\ \Omega$$

1 - $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{(150)^2 + (50 - 250)^2} = \sqrt{22500 + 40000} = \sqrt{62500}$

$Z = 250\ \Omega$ ⟹ $I = \frac{V_T}{Z} = \frac{500}{250} = 2\ A$

2 - $V_R = I.R = 2 \times 150 = 300\ v$

$V_L = I.X_L = 2 \times 50 = 100\ v$

$V_C = I.X_C = 2 \times 250 = 500\ v$

3 - $\tan\Phi = \frac{(X_L - X_C)}{R} = \frac{50 - 250}{150} = \frac{-200}{150} = \frac{-4}{3}$ ⟹ $\Phi = -53^\circ$ (للدائرة خصائص سعوية) لان $(X_L < X_C)$

4 - $Pf = \cos\Phi = \frac{R}{Z} = \frac{150}{250} = 0.6$

---

9 دائرة تيار متناوب متوازية الربط تحتوي (مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف) ومصدرا للفولطية المتناوبة مقدار فرق الجهد بين طرفيه (480 v) بتردد (100 Hz) وكان مقدار القدرة الحقيقية المستهلكة في الدائرة (1920 W) ومقدار رادة السعة (32 Ω) ومقدار رادة الحث (40 Ω) ما مقدار :
1 - التيار المنساب في كل من فرع المقاومة وفي فرع المتسعة و في فرع المحث والتيار الرئيس في الدائرة ؟
2 - ارسم المخطط الاتجاهي للمتجه الطوري للتيارات ؟ 3 - قياس زاوية فرق الطور بين متجه الطور للتيار الكلي ومتجه الطور للفولطية وما خصائص هذه الدائرة ؟ 4 - عامل القدرة في الدائرة ؟ 5 - الممانعة الكلية في الدائرة ؟

الحل / بما ان الربط على التوازي فان :

1 - $V_R = V_L = V_C = V_T = 480\ v$

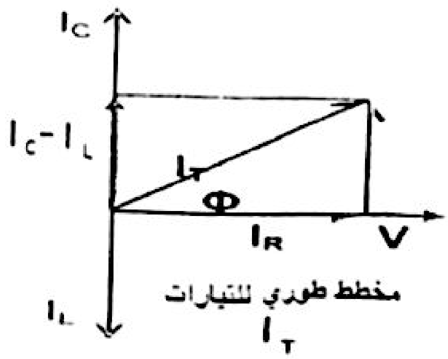
$P_{real} = \frac{V_T^2}{R}$ $1920 = \frac{(480)^2}{R}$ $R = 120\ \Omega$ $I_R = \frac{V_T}{R} = \frac{480}{120} = 4\ A$

$I_C = \frac{V_T}{X_C} = \frac{480}{32} = 15\ A$ $I_L = \frac{V_T}{X_L} = \frac{480}{40} = 12\ A$

$I_T = \sqrt{I_R^2 + (I_C - I_L)^2} = \sqrt{(4)^2 + (15 - 12)^2} = \sqrt{16 + 9} = \sqrt{25} = 5\ A$

3 - $\tan\Phi = \frac{(I_C - I_L)}{I_R} = \frac{15 - 12}{4} = \frac{3}{4}$ ⟹ $\Phi = 37^\circ$

(للدائرة خصائص سعوية) لان $(I_C > I_L)$



مخطط طوري للتيارات

4 - $Pf = \cos\Phi = \frac{I_R}{I_T} = \frac{4}{5} = 0.8$

5 - $Z = \frac{V_T}{I_T} = \frac{480}{5} = 96\ \Omega$

10 مقاومة ($30\ \Omega$) ربطت على التوازي مع متسعة ذي سعة خالصة وربطت هذه المجموعة عبر قطبي مصدر للفولطية المتناوبة بتردد ($50\ Hz$) فاصبحت الممانعة الكلية للدائرة ($24\ \Omega$) والقدرة الحقيقية ($480\ W$) .
فما مقدار سعة المتسعة ؟ ارسم مخطط المتجهات الطورية للتيارات .

الحل / الربط على التوازي $V_T = 120\ v = V_R = V_C$ ⬅ $V_T^2 = 14400$ ⬅ $480 = \frac{V_T^2}{30}$ ⬅ $P_{real} = \frac{V_T^2}{R}$

$$I_R = \frac{V_T}{R} = \frac{120}{30} = 4\ A$$

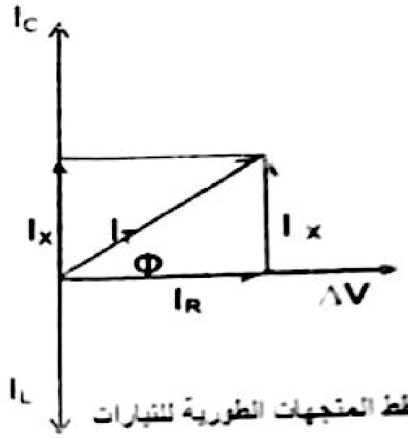
$$I_T = \frac{V_T}{Z} = \frac{120}{24} = 5\ A$$

$$I_T = \sqrt{I_R^2 + I_C^2} \Rightarrow 5 = \sqrt{(4)^2 + I_C^2}$$

بالتربيع $25 = 16 + I_C^2 \Rightarrow I_C^2 = 9 \Rightarrow$ بالجذر $I_C = 3\ A$

$$X_C = \frac{V_T}{I_C} = \frac{120}{3} = 40\ \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} \qquad 40 = \frac{1}{2\pi \times 50 \times C} \qquad C = \frac{1}{4000\pi}\ F$$



مخطط المتجهات الطورية للتيارات

ملاحظة اثرائية : يمكن معرفة نوع الربط (توالي او توازي) . فاذا كان $R < Z$ فأن الربط توالي
فاذا كان $R > Z$ فأن الربط توازي

ويمكن حل السؤال اعلاه حتى لو 1 . لم يذكر نوع الربط . 2 . لم يعطى قيمة القدرة الحقيقية .

الطريقة الاولى : بما أن $R > Z$ فأن الربط توازي

$$I_T = \sqrt{I_R^2 + I_C^2}$$

بالتربيع

$$I_T^2 = I_R^2 + I_C^2$$

$$\frac{V_T^2}{Z^2} = \frac{V_T^2}{R^2} + \frac{V_T^2}{X_C^2}$$

$$\frac{1}{Z^2} = \frac{1}{R^2} + \frac{1}{X_C^2}$$

$$\frac{1}{576} = \frac{1}{900} + \frac{1}{X_C^2} \Rightarrow \frac{1}{X_C^2} = \frac{1}{576} - \frac{1}{900}$$

$$\frac{1}{X_C^2} = \frac{900-576}{576 \times 900} = \frac{324}{576 \times 900}$$

بالجذر

$$\frac{1}{X_C} = \frac{18}{24 \times 30} = \frac{18}{720} = \frac{1}{40}$$

ونكمل الحل $X_C = 40\ \Omega$

الطريقة الثانية : بما أن $R > Z$ فأن الربط توازي

$$\cos\Phi = \frac{I_R}{I_T} = \frac{\frac{V_T}{R}}{\frac{V_T}{Z}} = \frac{Z}{R} = \frac{24}{30} = \frac{4}{5}$$

$$\Phi = 37^\circ$$

$$\tan\Phi = \frac{I_C}{I_R} = \frac{\frac{V_T}{X_C}}{\frac{V_T}{R}} = \frac{R}{X_C}$$

$$\tan 37^\circ = \frac{R}{X_C} \qquad \frac{3}{4} = \frac{30}{X_C}$$

ونكمل الحل $X_C = 40\ \Omega$

دائرة التيار المتناوب متوالية الربط الحمل فيها ملف مقاومته (500 Ω) ومتسعة متغيرة السعة عندما كان مقدار سعتها (50 nF) ومصدرا للفولطية المتناوبة مقدارها (400 v) بتردد زاوي (10^4 rad/S) وكانت القدرة الحقيقية في هذه الدائرة تساوي القدرة الظاهرية (المجهزة) احسب مقدار :

1 - معامل الحث الذاتي للملف وتيار الدائرة ؟ 2 - كل من رادة الحث ورادة السعة ؟

3 - زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية الكلية ومتجه الطور للتيار وما مقدار عامل القدرة ؟

4 - عامل النوعية للدائرة ؟

5 - سعة المتسعة التي تجعل متجه الطور للفولطية الكلية يتأخر عن متجه الطور للتيار بزاوية فرق طور ($\frac{\pi}{4}$) ؟

الحل / بما ان القدرة الحقيقية في هذه الدائرة تساوي القدرة الظاهرية اذن الدائرة في حالة رنين توالي والتردد يساوي التردد الرنيني

1- $\omega_r = \frac{1}{\sqrt{LC}} \Rightarrow 10^4 = \frac{1}{\sqrt{L \times 50 \times 10^{-9}}} \Rightarrow$ بالتربيع $10^8 = \frac{1}{L \times 50 \times 10^{-9}} \Rightarrow L = 0.2\ H$

$I = \frac{V_T}{Z} = \frac{400}{500} = 0.8\ A$ رنين توالي $(Z = R = 500\ \Omega)$

2 - $X_L = \omega_r L = 10^4 \times 0.2 = 2000\ \Omega$

$X_C = \frac{1}{\omega_r C} = \frac{1}{10^4 \times 50 \times 10^{-9}} = 2000\ \Omega$

3- $\tan\Phi = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{0}{500} = 0 \quad (\Phi = 0^\circ)$ عامل القدرة $Pf = \cos\Phi \Rightarrow \cos 0 = 1$

4- $Qf = \frac{1}{R} \times \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{1}{500} \times \sqrt{\frac{0.2}{50 \times 10^{-9}}} = \frac{1}{500} \times \frac{10000}{5} = 4$

5- $\tan\Phi = \frac{X_L - X_C}{R} \Rightarrow \tan -45^\circ = \frac{2000 - X_C}{500} \Rightarrow -1 = \frac{2000 - X_C}{500}$

$-500 = 2000 - X_C \Rightarrow X_C = 2500\ \Omega$

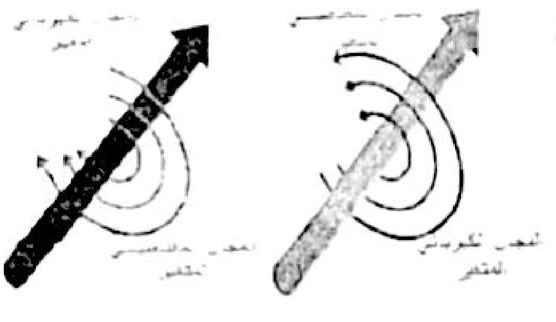
$X_C = \frac{1}{\omega_r C} \Rightarrow 2500 = \frac{1}{10^4 \times C} \Rightarrow C = \frac{1}{2500 \times 10^4} = \frac{1}{25} \times 10^{-6}\ F$

الفصل الرابع

الموجات الصوتية هي موجات ميكانيكية طولية ناتجة عن أهتزاز جزيئات الوسط الناقل لها . وهي تحتاج الى وسط مادي لانتشارها .
اما الموجات الكهرومغناطيسية فهي موجات مستعرضة ناتجة عن الشحنات الكهربائية المتذبذبة . ولايشترط وجود وسط مادي لانتشارها.

س/ ماهي الحقائق التي توصل اليها العالم ماكسويل عند ربطه لقوانين المجالات الكهربائية والمغناطيسية؟ وماذا أستنتج من تلك الحقائق؟

ج / 1 - الشحنة النقطية الساكنة في الفضاء تولد حولها مجالا كهربائياً تنبع خطوطه من أو الى موقع تلك الشحنة .
2 - لا يتوافر قطب مغناطيسي منفرد (لذا فأن خطوط المجال المغناطيسي تكون مغلقة) .
3 - المجال الكهربائي المتغير مع الزمن يولد حوله مجالا مغناطيسياً متغيراً مع الزمن وعمودياً عليه ومتفقاً معه في الطور .
4 - المجال المغناطيسي المتغير مع الزمن يولد حوله مجالا كهربائياً متغيراً مع الزمن وعمودياً عليه ومتفقاً معه في الطور .



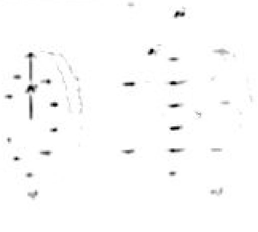
أستنتج : أن المجالين الكهربائي والمغناطيسي المتغيرين مع الزمن والمتلازمين يمكن أن ينتشران بشكل موجة في الفضاء تسمى بالموجة الكهرومغناطيسية (electromagnetic wave) .

س / كيف تتولد الموجة الكهرومغناطيسية ؟
ج / عن طريق تذبذب الشحنات الكهربائية .

س / ما نوع المجال الذي تولده :

1 - شحنات ساكنة ؟ ج / مجال كهربائي فقط .
2 - شحنات متحركة بسرعة ثابتة ؟ ج / مجال كهربائي ومجال مغناطيسي ثابتين .
3 - شحنات متحركة بتعجيل ؟ ج / مجال كهربائي ومجال مغناطيسي متذبذبين ينتشران في الفضاء .

س / كيف ينشأ المجال المغناطيسي ؟
ج / 1 - ينشأ عن تيار التوصيل الاعتيادي .
2 - ينشأ عن مجال كهربائي متغير مع الزمن .



عند ربط صفيحتي متسعة عبر مصدر ذي فولطية متناوبة فان المجال الكهربائي (E) المتغير مع الزمن بين صفيحتيها يولد تياراً كهربائياً والذي بدوره يولد مجالا مغناطيسياً (B) متغيراً مع الزمن وعمودياً عليه كما في الشكل المقابل . وسمي هذا التيار بتيار الازاحة (I_d) .

س / ما المقصود بتيار الازاحة (I_d) ؟ وبماذا يختلف عن تيار التوصيل الاعتيادي ؟
ج/ هو التيار الناتج من تغير المجال الكهربائي في الفضاء .

حيث يتناسب طردياً مع المعدل الزمني للتغير في المجال الكهربائي ($I_d \propto \dfrac{\Delta E}{\Delta t}$) . ويرمز له بالرمز (I_d) .

الاختلاف : يكون تيار الازاحة : خالي من الشحنات ويرافق الموجة الكهرومغناطيسية المنتشرة في الفضاء .
ويكون تيار التوصيل الاعتيادي : ناتج عن شحنات متحركة وينتقل خلال الموصل فقط .

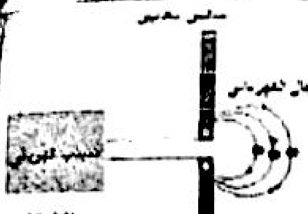
س / ما أهم خصائص الموجات الكهرومغناطيسية ؟
ج /



1 - تنتشر في الفراغ بخطوط مستقيمة وتنعكس وتنكسر وتتداخل وتستقطب وتحيد عن مسارها .
2 - تتألف من مجالين كهربائي ومغناطيسي متلازمين ومتغيرين مع الزمن وبمستويين متعامدين مع بعضهما وعموديين على خط انتشار الموجة ويتذبذبان بالطور نفسه .
3 - هي موجات مستعرضة لان المجالين الكهربائي والمغناطيسي يتذبذبان عمودياً على خط انتشار الموجة الكهرومغناطيسية .
4 - تنتشر في الفراغ بسرعة الضوء وعند انتقالها في وسط مادي تقل سرعتها تبعاً للخصائص الفيزيائية لذلك الوسط .
5 - تتولد نتيجة تذبذب الشحنات الكهربائية ويمكن توليد بعضاً منها بوساطة مولد الذبذبات (oscillator) .
6 - تتوزع طاقة الموجة الكهرومغناطيسية بالتساوي بين المجالين الكهربائي والمغناطيسي عند انتشارها في الفراغ .

س / كيف يمكن توليد الموجات الكهرومغناطيسية

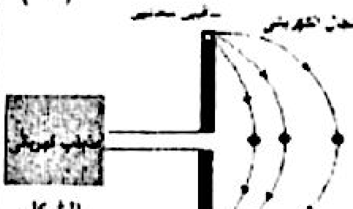
ج / نربط ساقين معدنيان (ثنائي قطب كهربائي) الى مصدر فولطية متناوبة (مذبذب كهربائي) .



الشكل (1)

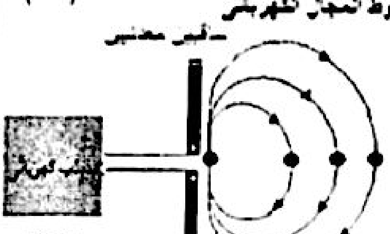
1 - عند ربط قطبي المذبذب الى طرفي الساقين المتقاربين تبدأ الشحنات الموجبة بالحركة في الساق العلوي نحو الاعلى والشحنات السالبة في الساق السفلي نحو الاسفل . ويكون شكل خطوط القوة الكهربائية حول الساقين متجهاً من الطرف الموجب الشحنة الى الطرف السالب الشحنة .

اما خطوط القوة المغناطيسية فتكون بشكل دوائر بمستويات عمودية على خطوط المجال الكهربائي وتبين بعلامة (⊗) تشير الى دخول الخطوط داخل مستوى الورقة . كما موضح بالشكل (1)



الشكل (2)

2 - في اللحظة التي تبلغ فيها القوة الدافعة الكهربائية (emf) المؤثرة مقدارها الاعظم تصل الشحنات الى طرفي الساقين البعيدتين عندها تصبح سرعتها صفراً .
كما موضح بالشكل (2) .



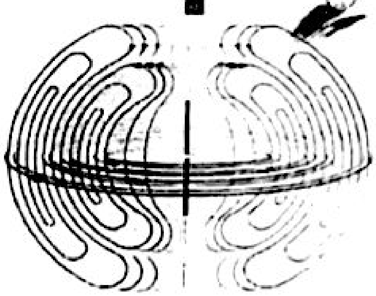
الشكل (3)

3 - عندما تبدأ القوة الدافعة الكهربائية (emf) المؤثرة بالتناقص ينعكس اتجاه حركة الشحنات اذ تتحرك الشحنات الموجبة والسالبة بأتجاه بعضها البعض ونتيجة لذلك تتقارب نهايتا خطوط المجالين (الكهربائي والمغناطيسي) لتكون حلقة مغلقة عند وصول الشحنة الموجبة مع الشحنة السالبة الى نقطتي بدء حركتهما نلاحظ تلك الحلقات وانتشارهما في الفضاء مبتعدين .
كما موضح بالشكل (3) .



الشكل (4)

4 - عندما تبدأ القوة الدافعة الكهربائية (emf) المؤثرة بالتنامي من جديد بالاتجاه المعاكس لحظة انقلاب الشحنتين على طرفي ثنائي القطب الكهربائي (انقلاب القطبية) فأن الشحنة السالبة تكون في القضيب العلوي والشحنة الموجبة تكون في القضيب السفلي تتحركان متباعدتين بأتجاهين متعاكسين . والمجال الكهربائي يصبح باتجاه معاكس لاتجاهه السابق وكذلك المجال المغناطيسي ويبين بعلامة (⊙) . كما موضح بالشكل (4) .

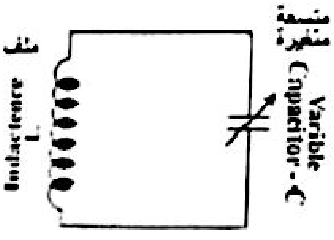


الشكل (5)

5 - ومن هذا التتابع في التغيرات التي تطرأ على المجالين الكهربائي والمغناطيسي تتكون حلقات مغلقة لخطوط القوى الكهربائية والمغناطيسية في مستويات متعامدة تنتشر بعيداً عن ثنائي القطب الكهربائي تمثل جبهات لموجات كهرومغناطيسية .
كما موضح بالشكل (5) .

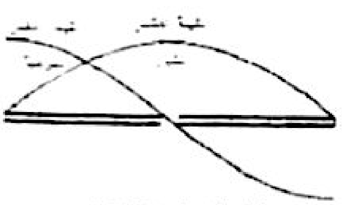
س / علام تعتمد عملية الإرسال والتسلم للموجات الكهرومغناطيسية ؟ مع التوضيح ؟

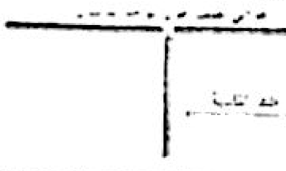
ج / تعتمد على جهازين أساسيين هما :



اولاً : الدائرة المهتزة (دائرة الرنين) : تتألف الدائرة المهتزة من ملف (L) (مهمل المقاومة الاومية) يتصل مع متسعة متغيرة السعة (C) كما موضح بالشكل المقابل ويمكن لهذه الدائرة ان تولد تردداً رنينياً (f_0) من خلال عملية التوليف . وحسب العلاقة التالية :

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$





ثانياً : الهوائي : يتكون الهوائي من سلكين معدنيين منفصلين يربطان الى مصدر فولطية متناوبة يشحن السلكان بشحنتين متساويتين بالمقدار ومختلفتين بالنوع . كما بالشكل المقابل .
وتتبدد الطاقة المنبعثة من هوائي الإرسال في الفضاء بشكل موجات كهرومغناطيسية .

ملاحظة

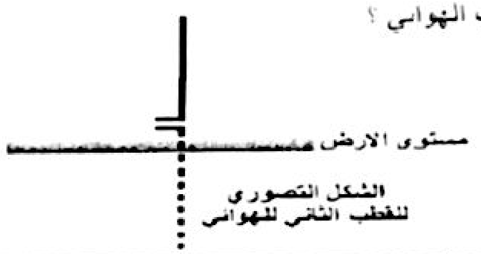
يكون الهوائي نوعان : 1 - الهوائي غير المؤرض (هوائي نصف الموجة) .
2 - الهوائي المؤرض (هوائي ربع الموجة) .

س / علام تعتمد قدرة الهوائي في الإرسال أو التسلم ؟
ج / 1 - مقدار الفولطية المجهزة للهوائي . 2 - تردد الإشارة المرسلة أو المستلمة .



س / متى يحقق الهوائي إرسالاً أو استقبالاً اكبر طاقة للإشارة ؟ وضح ذلك ؟
ج / يحقق الهوائي إرسالاً أو استقبالاً اكبر طاقة للإشارة عندما يكون
طول الهوائي يساوي نصف طول الموجة ($\frac{\lambda}{2}$ = طول الهوائي)
يكون فرق الطور بين التيار المتولد والقوة الدافعة الكهربائية يساوي ($90°$) .
حيث تكون الفولطية في قيمتها العظمى (V_{max}) عند نهايتي الهوائي .
ويكون التيار في قيمته العظمى (I_{max}) عند منتصف الهوائي
(نقطة تغذية قطبي الهوائي بتيار الإشارة المراد إرسالها) عندها تكون الممانعة قليلة في هذه النقطة
في حين تكون الممانعة عالية عند نهايتي الهوائي لذا يمكن تغذية الهوائي بأعظم قدرة من الدائرة المهتزة مقارنة مع أي طول أخر .

س / كيف يمكن الحصول على هوائي ربع الموجة ؟ او ماذا يحصل عند تاريض احد اقطاب الهوائي ؟
ج / عند تأريض احد أقطاب الهوائي يكون هوائي إرسال او استقبال بطول ربع موجة .
اذ تعمل الأرض على تكوين صورة لجهد القطب بالطول نفسه وبذلك يتكون قطب أخر في الأرض بطول ربع موجة لتكتمل خواص هوائي نصف الموجة . كما موضح بالشكل المقابل
ويسمى مثل هذا الهوائي بهوائي ربع الموجة . ويكون ($\frac{\lambda}{4}$ = طول الهوائي)



س / علل / عند لمس هوائي الراديو تتحسن شدة المستقبل ؟
ج / وذلك لان الهوائي يصبح ربع موجة (مؤرض) . وتقل سعة المتسعة فيزداد عامل النوعية (عامل الجودة) ويصير الانتقاء حاد وجيد .

مثال 1

ضبطت دائرة موالفة في جهاز راديو محطة إذاعية بحيث كانت قيمة المحاثة في الدائرة ($6.4\ \mu H$) وقيمة السعة ($1.9\ PF$) . (a) ما تردد الموجات التي يلتقطها الجهاز ؟ (b) وما طولها الموجي ؟

الحل /

(a) $$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2 \times 3.14\sqrt{6.4\times10^{-6}\times1.9\times10^{-12}}} = 45.665\times10^{6}\ Hz$$

(b) $$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3\times10^{8}}{45.665\times10^{6}} = \frac{300}{45.665} = 6.57\ m$$

[redacted]

يراد استعمال هوائي نصف موجة لإرسال إشارات لاسلكية للترددات الآتية : ($200\ MHz$ ، $20\ KHz$)
احسب طول الهوائي لكل من هذين الترددين وبين أي من هذه الهوائيات مناسب الاستعمال العملي ؟

الحل / حساب طول الهوائي للتردد $20\ KHz$ /
$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3\times10^{8}}{20\times10^{3}} = \frac{3}{20}\times10^{5}\ m = 15\ Km$$

طول الهوائي نصف الموجة ($\frac{\lambda}{2}$) يساوي :
$$\frac{\lambda}{2} = \frac{15}{2} = 7.5\ Km$$

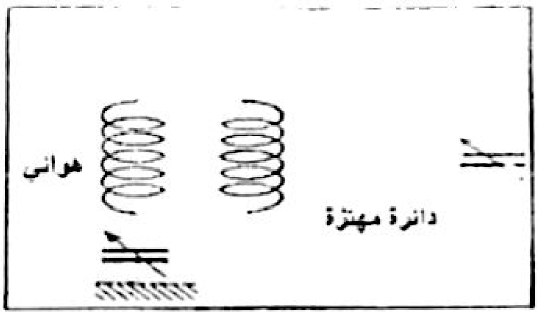
حساب طول الهوائي للتردد $200\ MHz$ /
$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3\times10^{8}}{200\times10^{6}} = \frac{3}{2} = 1.5\ m$$

طول الهوائي نصف الموجة ($\frac{\lambda}{2}$) يساوي :
$$\frac{\lambda}{2} = \frac{1.5}{2} = 0.75\ m = 75\ cm$$

وعند تأريض هذا الهوائي يصبح هوائياً بطول ربع طول الموجة وعندئذ يكون طوله :
$$\frac{\lambda}{4} = \frac{1.5}{4} = 0.375\ m = 37.5\ cm$$

ويكون هذا الطول مناسباً أكثر للاستعمالات العملية .

س / ارسم دائرة الإرسال للموجات الكهرومغناطيسية ؟ وبين مم يتكون جهاز الإرسال ؟ ووضح طريقة عمله ؟



جهاز إرسال الموجات الكهرومغناطيسية

يتكون : 1 - دائرة مهتزة : وتحوي ملفاً ومتسعة متغيرة السعة .

2 - هوائي : ويحوي ملفاً يوضع مقابلاً لملف الدائرة المهتزة ومتسعة متغيرة السعة متصلاً بسلك معدني حر أو موصلاً بالأرض.

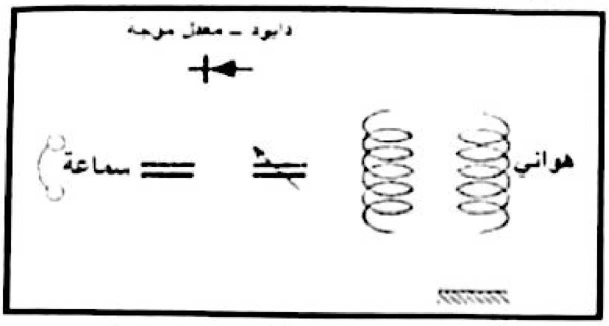
طريقة عمله :

1 - عندما تغذى الدائرة المهتزة بالطاقة تبدأ في العمل وتولد موجات الإشارة الكهربائية ويمكن التحكم في ترددها عن طريق تغيير سعة المتسعة في الدائرة المهتزة (أو معامل الحث الذاتي للملف) .

2 - تتسبب موجات الإشارة الكهربائية التي تبثها الدائرة المهتزة في توليد تيار محتث متناوب في ملف الهوائي اذ يكون تردد هذا التيار مساوياً لتردد موجات الإشارة الكهربائية التي تولدها الدائرة المهتزة .

3 - ينتج التيار المحتث المتولد في ملف الهوائي قوة دافعة كهربائية في سلك الهوائي ترددها يساوي تردد التيار المحتث في الملف تولد الموجات الكهرومغناطيسية التي يبثها سلك الهوائي الى الفضاء .

س / ارسم دائرة التسلم للموجات الكهرومغناطيسية ؟ وبين مم يتكون جهاز التسلم ؟ ووضح طريقة عمله ؟



جهاز تسلم الموجات الكهرومغناطيسية

يتكون : 1 - دائرة مهتزة : وتحوي ملفاً ومتسعة متغيرة السعة .

2 - هوائي : ويحوي سلك معدني مرتبط بملف .

طريقة عمله :

1 - يستقبل الهوائي الموجات الكهرومغناطيسية من الفضاء اذ تولد فيه تياراً متناوباً تردده يساوي تردد تلك الموجات .

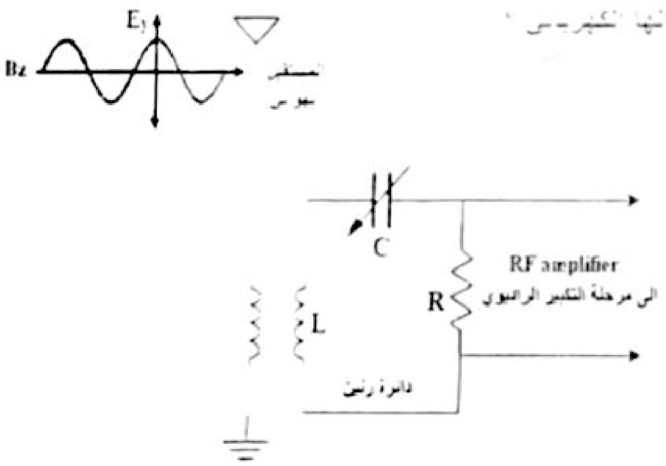
2 - يولد التيار المحتث المتناوب المار في ملف الهوائي اشارة كهربائية ترددها يساوي تردد التيار المحتث والتي عمل الهوائي على تسلمها .

3 - تغير سعة المتسعة في الدائرة المهتزة الى ان تصل الى حالة الرنين وعندها يتولد في ملف الدائرة المهتزة تيار محتث متناوب يساوي تردده تردد التيار المار في الهوائي .

س / وضح كيف يتم الكشف عن الموجات الكهرومغناطيسية بوساطة مجالها الكهربائي ؟

ج / نربط الدائرة كما مبينة بالشكل المقابل .

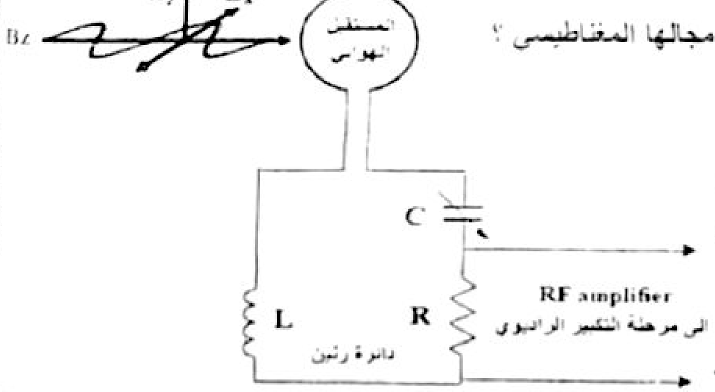
يعمل المجال الكهربائي للموجة (E_Y) على جعل الشحنات تهتز في الهوائي عندما يكون تذبذب (E_Y) موجباً فأن قمة الهوائي تكون موجبة ثم تنعكس قطبية الهوائي في اللحظة التالية مباشرة ، عندما يتكرر انعكاس متجه المجال الكهربائي في الموجة يجعل الشحنة تتحرك الى أعلى والى أسفل الهوائي بشكل يعتمد على الزمن ، وخلال هذه العملية يحث التيار المتغير جهداً مهتزاً في الدائرة الرنينية المرتبطة بالهوائي بوساطة الحث المتبادل وعند تغير مقدار السعة للحصول على حالة الرنين بين تردد الموجة وتردد الدائرة الرنينية سنحصل على إشارة الموجة الكهرومغناطيسية المستلمة .



س / وضح كيف يتم الكشف عن الموجات الكهرومغناطيسية بوساطة مجالها المغناطيسي ؟

ج / نربط الدائرة كما مبينة بالشكل المقابل .

يتكون الهوائي في هذه الدائرة من سلك موصل بشكل حلقة ، ولكون المجال المغناطيسي للموجة الكهرومغناطيسية متغيراً مع الزمن فتتولد قوة دافعة كهربائية محتثة (emf_{ind}) في حلقة الهوائي . يتطلب ان يكون مستوى حلقة الهوائي بوضع عمودي على اتجاه الفيض المغناطيسي ويمكن التوليف مع الإشارة المستلمة في الهوائي عن طريق دائرة الرنين بوساطة تغيير سعة المتسعة الموجودة في الدائرة .



س/ ما المقصود بالتضمين ؟ وما هي انواعه ؟

ج / هو عملية تحميل إشارة المعلومات (صوت أو صورة أو مكالمة هاتفية) ذات التردد الواطئ (تسمى موجة محمولة) على موجة عالية التردد (تسمى موجة حاملة) .

انواعه 1- التضمين التماثلي : هو عبارة عن تغيير لأحد خواص موجة التيار عالي التردد (سعة التذبذب - تردد التذبذب - طور التذبذب)

2 - التضمين الرقمي : هو التضمين الذي يمكن إجراؤه على الموجة المضمنة وذلك لغرض التقليل من التأثيرات الخارجية عليها وزيادة على امكانية تشفيرها .

س / ما هي انواع التضمين التماثلي ؟



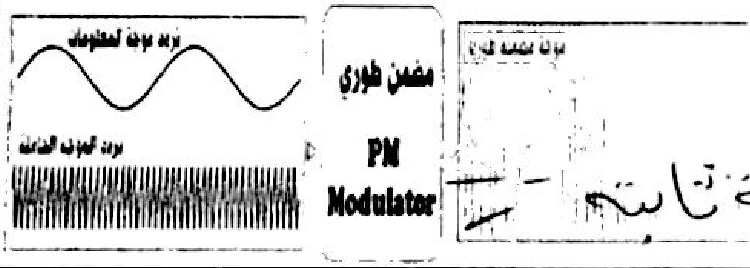
اولاً : التضمين السعوي (AM) :
هو تغيير في سعة الموجة الحاملة كدالة خطية مع سعة الموجة المحمولة على وفق تردد الاشارة المحمولة .

(السعة متغيرة والتردد ثابت)



ثانياً : التضمين الترددي (FM) :
هو تغيير في تردد الموجة الحاملة كدالة خطية مع تردد الموجة المحمولة على وفق سعة الموجة المحمولة .

(التردد متغير والسعة ثابتة)



ثالثاً : التضمين الطوري (PM) :
هو تغيير في طور الموجة الحاملة كدالة خطية مع سعة الموجة المحمولة على وفق تردد الاشارة المحمولة .

سعة ثابتة (تغير طور الموجة الحاملة والتردد ثابت)

س / في حالة البث الاذاعي ما الفائدة العملية لكل من : 1 - اللاقطة الصوتية . 2 - السماعة . 3 - التضمين . 4 - التضمين الرقمي .

ج / 1 - اللاقطة الصوتية : تحول الموجات الصوتية الميكانيكية الى اشارات كهربائية (موجات سمعية) وبالتردد نفسه .

2 - السماعة : تحول الاشارات الكهربائية الى موجات صوتية مسموعة وبالتردد نفسه .

3 - التضمين : (a) بث الموجات الكهرومغناطيسية بكفاءة عالية .

(b) لكي تقطع الموجات الكهرومغناطيسية مسافات طويلة من غير اضمحلال محسوس .

4 - التضمين الرقمي : (a) التقليل من التأثيرات الخارجية على الموجة المضمنة . (b) امكانية تشفير الموجة المضمنة

س / بين مدى واستعمالات الموجات الراديوية ؟

مدى الموجات	أستعمالاتها
(a) منطقة الترددات المنخفضة جداً (3 kHz – 30 kHz) (FLV) ومجال الترددات المنخفضة (30 kHz – 300 kHz) (LF)	تستثمر غالباً في الملاحة البحرية .
(b) منطقة الترددات المتوسطة (300 kHz – 3 MHz) (MF)	تستثمر غالباً في البث الإذاعي المعتاد .
(c) منطقة الترددات العالية (3 MHz – 30 MHz) (HF)	تستثمر في بعض الهواتف والاتصال بين الطائرات والسفن وغير ذلك .
(d) منطقة الترددات العالية جداً (30 MHz – 300 MHz) (VHF)	تستثمر في أجهزة التلفازوالإرسال الإذاعي وأنظمة التحكم بالحركة الجوية وأنظمة اتصالات الشرطة

س / علام تعتمد سرعة الموجات الكهرومغناطيسية في الاوساط المختلفة ؟

ج / 1 - السماحية الكهربائية للوسط (ε) .

2 - النفاذية المغناطيسية للوسط (μ) .

$$v = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon \mu}}$$

ملاحظة : حيث ان قيم الثوابت في الفراغ تساوي : $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \ \frac{H}{m}$ و $\varepsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \ \frac{F}{m}$

فتكون سرعة الضوء في الفراغ (c) :

$$c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}} = \frac{1}{\sqrt{8.854 \times 10^{-12} \times 12.5663 \times 10^{-7}}} = 2.997964 \times 10^{8} \ \frac{m}{s} \xrightarrow{\text{ويقرب الى}} 3 \times 10^{8} \ \frac{m}{s}$$

س / عدد طرق انتشار الموجات الراديوية في الجو ؟

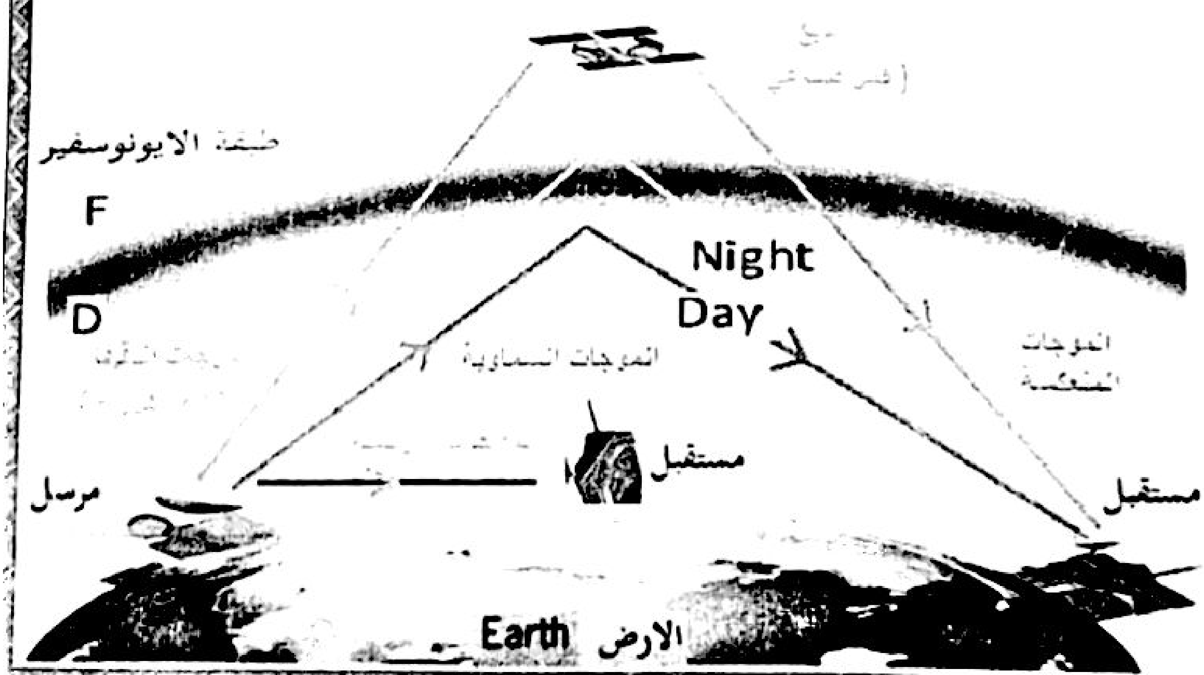
ج / 1 - **الموجات الارضية** (Ground Waves) : وتشمل الموجات التي مدى تردداتها بين (530 kHz – 2 MHz) .
وتنتقل قريبة من سطح الأرض ، وتتخذ عند انتشارها مساراً قريباً جداً من سطح الأرض وينحني مسار انتشارها مع انحناء سطح الأرض . ولقد استفيد من هذه الظاهرة لبناء أنظمة اتصالات محدودة المسافة وذلك لمحدودية قدرة بث ارسال هذه الموجات .

2 - **الموجات السماوية** (Sky Waves) : وتشمل الموجات التي مدى تردداتها بين (2 MHz – 30 MHz) .
ويعتمد هذا النوع من الاتصالات على وجود طبقات الايونوسفير وهي طبقات عالية التأين اذ تعكس الموجات السماوية الى الارض .

3 - **الموجات الفضائية** (Space Waves) : وتشمل الموجات التي تزيد تردداتها عن (30 MHz) .
أي نطاق الترددات العالية جداً (VHF) وهي موجات دقيقة (Micro Waves) تنتشر بخطوط مستقيمة ولا تنعكس عن طبقة الايونوسفير بل تنفذ من خلالها .

س / ما الفائدة العملية من الموجات الفضائية (الدقيقة) ؟

ج / في عملية الاتصال بين القارات وذلك بأستعمال أقمار صناعية في مدار متزامن مع دوران الأرض حول محورها (يطلق عليها توابع لتعمل كمعيدات (محطات لتقوية الإشارة واعادة إرسالها) .



صورة توضح الموجات الأرضية والموجات السماوية وانعكاسها من طبقة الايونوسفير والموجات الدقيقة واختراقها من طبقة الايونوسفير

س/ ما هو الرادار ؟ وماذا تعني كلمة رادار ؟ وكيف يعمل الرادار ؟ وما هي المكونات الرئيسية للرادار ؟

ج / الرادار : نظام إلكتروني يستعمل لكشف أهداف متحركة أو ثابتة وتحديد مواقعها .

تعني كلمة رادار (RADAR) : هي اختصار للأحرف الأولى للجملة الآتية (Radio Detection And Ranging) وتعني الكشف وتحديد البعد بوساطة الموجات الراديوية .

– يعمل جهاز الرادار بوساطة ارسال موجات راديوية بأتجاه الهدف واستقبال الموجات التي تنعكس عنه . ويدل الزمن الذي تستغرقه الموجات في ذهابها وايابها بعد انعكاسها على مدى (range) الهدف وكم يبعد ، فضلاً عن ان الاتجاه الذي تعود منه الموجات المنعكسة يدل على موقع الهدف .

مكوناته : 1 - المذبذب : جهاز يولد اشارة كهربائية بتردد ثابت وذات قدرة واطئة .

2 - المضمن : مفتاح الكتروني يوصل المرسل مع المذبذب بفترات زمنية قصيرة .

3 - المرسل : يعمل على تقليل زمن النبضة الواصلة اليه من المضمن فيرسلها بنبضة ذات قدرة عالية الى الهوائي .

4 - مفتاح الإرسال والاستقبال : مفتاح يعمل على فتح أو أغلاق دائرة الإرسال والاستقبال

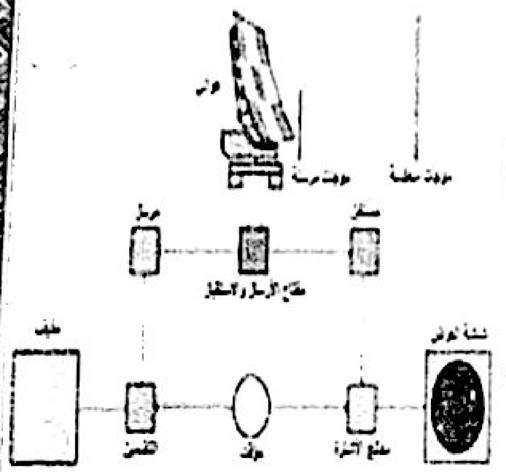
5 - الهوائي : يقوم بارسال الموجات الرادارية (الموجات الدقيقة او الموجات الراديوية) بشكل حزم ضيقة موجهة الى الهدف واستلامها بعد انعكاسها عن الهدف .

6 - المؤقت : يتحكم زمنياً بعمل الاجزاء الرئيسية للرادار .

7 - المستقبل : يتسلم الموجات المنعكسة المتجمعة بوساطة الهوائي ويقوم بتكبيرها وعرضها على معالج الاشارة .

8 - معالج الاشارة : يعمل على انتقاء الاشارات المنعكسة عن الأهداف الصغيرة المتحركة ويحجب الاشارات المنعكسة عن الاهداف الكبيرة والثابتة

9 - الشاشة : تعمل على اظهار الموجات المنعكسة عن الهدف على هيئة نقاط مضيئة .



س / ما المقصود بالتحسس النائي (الاستشعار عن بعد) ؟ وما هي انواعه ؟

ج / هو احد مجالات العلوم التي تمدنا بالمعلومات عن سطح الارض من غير أي احتكاك أو اتصال مباشر بسطحها . مثل الحصول على صورة من طائرة أو قمر صناعي .

انواعه : 1- التحسس النائي بحسب مصدر الطاقة . 2 - التحسس النائي بحسب الطول الموجي .

س / ما هي انواع الصور المستعملة في : 1- التحسس النائي بحسب مصدر الطاقة . 2 - التحسس النائي بحسب الطول الموجي .

ج / 1- التحسس النائي بحسب مصدر الطاقة : اذ يستعمل نوعان من الصور هما :

(a) صورة نشطة: وهي التي يُعتمد فيها على مصدر طاقة مثبت على القمر نفسه ليقوم بعملية اضاءة الهدف وتسلم الأشعة المنعكسة عنه

(b) صور غير نشطة : وهي التي تعتمد على مصدر الاشعاع المنبعث من الهدف نفسه .

2 - التحسس النائي بحسب الطول الموجي : يمكن تقسيم صور الهدف المتسلمة طبقاً للطول الموجي على ثلاثة أقسام :

(a) صور الأشعة المرئية . (b) صور الأشعة تحت الحمراء . (c) صور الأشعة المايكروية .

س / ما هي مجالات استعمال التحسس النائي ؟

ج / 1 - اكتشاف الخامات المعدنية والبترونية .

2 - مراقبة حركة الانهار وجفاف الاراضي والبحيرات والتعامل مع الفيضانات المتوقعة بمقارنة صور مأخوذة على فترات زمنية مختلفة .

3 - دراسة المشاريع الانشائية والتخطيط العمراني للمدن والقرى والمنشآت الكبيرة .

4 - دراسة النباتات الطبيعية ودراسة التوزيع النوعي للأراضي والتربة .

5 - تستثمر هذه التقنية في التطبيقات العسكرية . فمثلا بعض الأقمار الصناعية العسكرية مزودة بمتحسسات تعمل بالأشعة تحت الحمراء يمكنها التحسس بالحرارة المنبعثة من الشاحنات والطائرات والصواريخ والسيارات والاشخاص ورصد اي حركة على سطح الارض يمكن للمتحسسات ان تعمل في شتى الظروف الجوية .

6 - تستثمر في تصوير النجوم والكواكب المطلوب دراستها باستعمال كاميرات رقمية مثبتة على اقمار صناعية خاصة بالبحث العلمي في مجال الفضاء والفلك .

س / ما الفرق بين نظام تلفونات الراديو (radio telephones) و نظام الهاتف الجوال النقال (Mobile) ؟

ج / في نظام تلفونات الراديو : توجد محطة إرسال واحدة مركزية في المدينة (هوائي) و 25 قناة اتصال متاحة للاستعمال . يمكن استعماله عدد محدود من الأشخاص في الوقت نفسه .

وفي نظام الهاتف الجوال النقال : تقسم المدينة الى خلايا (cells) كل خلية من الخلايا تحتوي برجاً يحمل معدات إرسال واستقبال . وتتعامل مع أكثر من 1664 قناة . يمكن استعماله الملايين من الأشخاص في الوقت نفسه دون تداخل احدهما مع الأخر . ويمكن للمتحدث ان يتحول من خلية الى أخرى كلما تحرك من مكان لأخر في اثناء الاستعمال . المدى الذي يعمل فيه جهاز الجوال كبير جداً .

حل أسئلة الفصل الرابع

1 اختر العبارة الصحيحة لكل من العبارات الآتية :

1 - ان تيار الازاحة (I_d) يتناسب مع :

(a) المعدل الزمني للتغير في المجال المغناطيسي .
(b) المعدل الزمني للتغير في المجال الكهربائي .
(c) المعدل الزمني للتغير في تيار التوصيل .
(d) المعدل الزمني للتغير في تيار الاستقطاب .

2 - ان تذبذب الالكترونات الحرة في موصل تنتج موجات تسمى :

(a) موجات الاشعة السينية .
(b) موجات اشعة كاما .
(c) موجات الاشعة تحت الحمراء .
(d) موجات الراديوية .

3 - يتحدد مقدار سرعة الموجة الكهرومغناطيسية في الاوساط المختلفة بوساطة :

(a) مقدار السماحية الكهربائية لذلك الوسط فقط .
(b) النفوذية المغناطيسية لذلك الوسط فقط .
(c) حاصل جمع سماحية ونفوذية ذلك الوسط .
(d) مقلوب الجذر التربيعي لحاصل ضرب مقدار السماحية والنفوذية .

4 - الموجات الكهرومغناطيسية التي تستعمل في اجهزة الرادار هي :

(a) موجات الاشعة فوق البنفسجية .
(b) موجات اشعة كاما .
(c) موجات الاشعة السينية .
(d) موجات الاشعة الدقيقة .

5 - تتولد الموجات الكهرومغناطيسية عند :

(a) مرور تيار مستمر في سلك موصل .
(b) حركة شحنة كهربائية بسرعة ثابتة في سلك موصل
(c) حركة شحنة كهربائية معجلة في سلك موصل .
(d) وجود شحنات كهربائية ساكنة في سلك موصل .

6 - للحصول على كفاءة عالية في عمليتي الارسال والتسلم يستعمل هوائي طوله يبلغ نصف طول الموجة وذلك لان :

(a) مقدار الفولطية اكبر ما يمكن عند نقطة تغذية الهوائي .
(b) مقدار الفولطية اقل ما يمكن عند نقطة تغذية الهوائي .
(c) مقدار الفولطية والتيار اكبر ما يمكن عند نقطة تغذية الهوائي .
(d) مقدار الفولطية والتيار اقل ما يمكن عند نقطة تغذية الهوائي .

7 - يمكن ان تُعجل الشحنة الكهربائية في موصل عندما يؤثر فيها :

(a) مجال كهربائي ثابت .
(b) مجال كهربائي متذبذب .
(c) مجال كهربائي ومجال مغناطيسي ثابتان
(d) مجال مغناطيسي ثابت .

8 - في عملية التضمين الترددي (FM) نحصل على موجة مضمنة بسعة :

(a) ثابتة وتردد ثابت .
(b) متغيرة وتردد متغير .
(c) ثابتة وتردد متغير .
(d) متغيرة وتردد ثابت .

9 - تعكس طبقة الايونوسفير في الجو الترددات الراديوية التي تكون :

(a) ضمن المدى (2 – 30) MHz .
(b) ضمن المدى (30 – 40) MHz .
(c) ضمن المدى اكثر من (20) MHz .
(d) جميع الترددات الراديوية .

10 - ان عملية الارسال والتسلم للموجات الكهرومغناطيسية تعتمد على :

(a) قطر سلك الهوائي .
(b) كثافة سلك الهوائي .
(c) الدائرة المهتزة والهوائي .
(d) كل الاحتمالات السابقة .

11 - في حال البث الاذاعي تقوم اللاقطة الصوتية :

(a) بتحويل موجات الصوت المسموع الى موجات سمعية بالتردد نفسه .
(b) بعملية التضمين الترددي .
(c) بعملية التضمين السعوي.
(d) بفصل الترددات السمعية عن الترددات الراديوية .

12 - صور التحسس النائي التي يعتمد فيها على مصدر الطاقة من القمر نفسه تسمى :

(a) صور غير نشطة .
(b) صور نشطة .
(c) صور الاشعاع المنبعث من الهدف نفسه .

2 هل كل الاسلاك الموصلة التي تحمل تياراً تشع موجات كهرومغناطيسية ؟ اشرح ذلك .

ج / كلا . فقط التي تحمل تياراً مترددأ هي التي تشع موجات كهرومغناطيسية وذلك لان حركة الشحنة في التيار المتردد (متناوب) تتحرك بتعجيل تباطئي تارة وتسارعي تارة اخرى .

3 عندما تنتشر الاشعة الكهرومغناطيسية في الفضاء او الأوساط المختلفة . ماذا يتذبذب ؟

ج / يتذبذب كلا من المجالين الكهربائي والمغناطيسي بطور واحد ومتعامدان مع بعضهما وعمودان على خط انتشار الموجة .

4 وضح كيف يكشف عن الموجة الكهرومغناطيسية بواسطة مجالها المغناطيسي ؟

الجواب / في صفـــ(4)ـــحة

5 ما العوامل التي تحدد سرعة انتشار الموجات الكهرومغناطيسية في الاوساط المختلفة ؟

الجواب / في صفـــ(6)ـــحة

6 يكون تسلم الموجات الراديوية في اثناء النهار لمدى اقل مما هو عليه في اثناء الليل وضح ذلك ؟

ج / يكون استلام الموجات الراديوية في اثناء النهار لمدى اقل مما هو عليه في اثناء الليل نتيجة انعكاس الموجات الراديوية من المنطقة السفلى (D – layer) في اثناء االنهار ولمسؤولة عن تأين الموجات الراديوية وتكون عالية التأين فيكون الاستلام غير واضح .
بينما في أثناء الليل يكون التسلم واضحاً لان انعكاس الموجات الراديوية يكون من المنطقة العليا (F – layer) اذ تختفي الطبقة السفلى (D – layer) من طبقة الايونوسفير في أثناء الليل .

7 ما الفرق بين الصور النشطة وغير النشطة ؟

ج / الصورة النشطة (active) : وهي الصور التي يُعتمد فيها على مصدر طاقة مثبت على القمر نفسه ليقوم بعملية اضاءة الهدف وتسلم الاشعة المنعكسة عنه .
الصور غير النشطة (passive) : وهي الصور التي تعتمد على مصدر الإشعاع المنبعث من الهدف نفسه .

8 ما المقصود بالمصطلحات الآتية : الموجة الحاملة ، الموجة المحمولة ، الموجة المضمنة ؟

ج / الموجات الحاملة : هي الموجة الكهرومغناطيسية (موجة راديوية) ذات تردد عالي يمكن توليدها باستعمال المذبذب الكهربائي اذ تحمل بالمعلومات مثل (الموجة السمعية ذات التردد الواطئ) وتنقل الطاقة الى مسافات بعيدة عن مصدرها .

الموجات المحمولة : هي موجة واطئة مثل (الموجة السمعية) لتي تحتوي على المعلومات المراد إرسالها وهي أشارات كهربائية نافعة تخرج من المايكروفون .

الموجة المضمنة : هي الموجة الناتجة عن تحميل الموجة الراديوية بالموجة ذات اشارات كهربائية نافعة (السمعية) وتبث بوساطة هوائي الارسال .

9 نشاهد من حين لآخر في دور السينما او على التلفزيون رجال الشرطة وهم يحاولون تحديد موقع محطة ارسال لاسلكي سرية وذلك بقيادة سيارة في المناطق المجاورة ومثبت بالسيارة جهاز يتصل به ملف يدور ببطء من فوق ظهر السيارة اشرح طريقة عمل الجهاز ؟

ج / في أثناء دوران ملف الكشف في السيارة وعند تعامد مستواه مع المجال المغناطيسي للموجة الكهرومغناطيسية المرسلة من المحطة السرية يتولد أعظم مقدار للقوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف لذا نحصل على أعظم مقدار لطاقة التسلم وبالنتيجة يكمن تحديد محطة الإرسال السرية .

حل مسائل فصل الرابع

1 يستعمل جهاز راديو لالتقاط محطة اذاعية تعمل عند تردد مقدار (840 kHz) فاذا كانت دائرة الرنين تحتوي على محث مقداره (0.04 mH) . فما هي سعة المتسعة الواجب توافرها لالتقاط هذه المحطة ؟

الحل /

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$C = \frac{1}{4\pi^2 f_r^2 L} = \frac{1}{4\pi^2 \times (840\times10^3)^2 \times 0.04\times10^{-3}} = \frac{1}{112896000\,\pi^2}\ F$$

2 ما مدى الاطول الموجية الذي تغطية ارسال محطة اذاعية AM تردداتها في المدى من (540 kHz) الى (1600 kHz) ؟

الحل /

$$\lambda_1 = \frac{c}{f_1} = \frac{3\times10^8}{540\times10^3} = 555.555\ m$$

$$\lambda_2 = \frac{c}{f_2} = \frac{3\times10^8}{1600\times10^3} = 187.5\ m$$

3 ما هو اقل طول لهوائي السيارة اللازم لاستقبال اشارة ترددها (100 MHz) ؟

الحل /

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3\times10^8}{100\times10^6} = 3\ m$$

طول الهوائي ربع الموجة ($\frac{\lambda}{4}$) يساوي : $= \frac{\lambda}{4} = \frac{3}{4} = 0.75\ m = 75\ cm$ طول الهوائي

4 ما الطول الموجي لموجات الكهرومغناطيسية يشعها مصدر تردده (50 Hz) ؟

الحل /

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3\times10^8}{50} = 6\times10^6\ m$$

5 ما تردد الموجات الكهرومغناطيسية التي أطوال موجاتها (a) (1.2 m) (b) (12 m) (c) (120 m) ؟

الحل /

(a) $$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3\times10^8}{1.2} = 2.5\times10^8\ Hz$$

(b) $$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3\times10^8}{12} = 0.25\times10^8\ Hz$$

(c) $$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3\times10^8}{120} = 0.025\times10^8\ Hz$$

6 وقع انفجار على بعد (4 Km) من راصد . ما هي الفترة الزمنية بين رؤية الراصد الانفجار وسماعة صوتية ؟ (اعتبر سرعة الصوت 340 m/S)

الحل / زمن رؤية ضوء الانفجار

$$t = \frac{d}{c} = \frac{4\times10^3}{3\times10^8} = 1.33\times10^{-5} = 0.0000133\ S$$

زمن سماع صوت الانفجار

$$t = \frac{d}{v} = \frac{4\times10^3}{340} = 0.0117647\times10^3 = 11.7647\ S$$

الفترة الزمنية بين رؤية الراصد الانفجار وسماعة صوتية

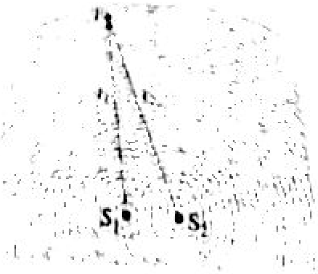
$$11.7647 - 0.0000133 = 11.764687\ S$$

الفصل الخامس

هنالك ظواهر ضوئية وسوف ندرس في ← (الفصل الخامس) التداخل ـ الحيود ـ الأستقطاب ـ الأستطارة .
← (الفصل السادس) اشعاع الجسم الأسود ـ الظاهرة الكهروضوئية ـ مبدأ اللادقة لهايزنبرك.

ان الضوء يسلك سلوك مزدوج (موجي و دقائقي) فالتداخل والحيود والاستقطاب والانعكاس والانكسار ظواهر تؤكد أن الضوء موجات والاستقطاب هو الدليل القاطع على أن الضوء موجات مستعرضة .





أولاً : تداخل الموجات الضوئية .

س / وضح بتجربة تداخل الموجات ؟

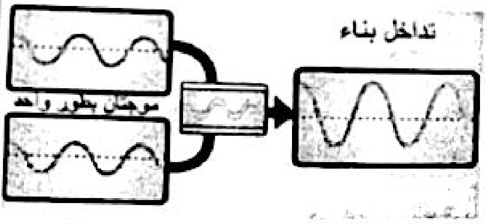
ج / الأدوات : جهاز حوض المويجات ، مجهز قدرة ، هزاز ، نقار ذو راسين مدببين بمثابة مصدرين نقطيين (S_2 ، S_1) يبعثان موجات كروية تنتشر على سطح الماء بالطول الموجي نفسه .

خطوات العمل :

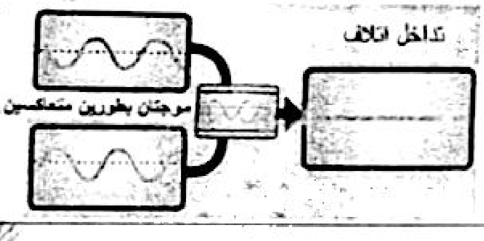
1- نعد حوض المويجات للعمل إذ يمس النقار سطح الماء في الحوض .

2 - عند استعمال الهزاز نشاهد طراز التداخل عند سطح الماء نتيجة تراكب الموجات الناتجة عن اهتزاز المصدرين النقطيين المتماثلين (S_2 ، S_1) .

نلاحظ خلال مشاهدتنا هناك نوعين من التداخل للموجات هما :



1 - عندما يكون للموجتين الطور نفسه والسعة نفسها عند نقطة معينة فان الموجتين تتحدان عند تلك النقطة لتقوي كل منهما الأخرى وفي هذه الحالة تكون سعة الموجة الناتجة مساوية لضعف سعة اي من الموجتين الأصليتين ويسمى هذا النوع من التداخل **بالتداخل البناء** وهو ناتج عن تراكب قمتين او قعرين لموجتين ينتج عنهما تقوية . (كما في الشكل المقابل)



2 - اما اذا كان التداخل ناتج عن اتحاد سلسلتين من الموجات بطورين متعاكسين وسعتين متساويتين ، وهو ناتج عن تراكب قمة موجة مع قعر موجة أخرى ، ينتج عن ذلك ان تأثير احدهما يمحو تأثير الأخر أي ان سعة الموجة الناتجة تساوي صفرا .
ويسمى هذا النوع من التداخل **بالتداخل الأتلافي** . (كما في الشكل المقابل)

س / ما المقصود بكل مما يأتي :

الموجـــة : هي اضطراب ناتج عن مصدر الطاقة .

تداخل الموجات :هو تراكب (اتحاد) سلسلتين او اكثر من الموجات المتشاكهة المشتركة في مستوى الاهتزاز المنتشرة في وسط متجانس.

الموجات المتشاكهة : هي الموجات 1 - المتساوية في التردد 2 - المتساوية (او المتقاربة) في السعة 3 - فرق الطور بينهما ثابت .

تداخل الضوء : هو ظاهرة إعادة توزيع الطاقة الضوئية الناشئة عن تراكب (اتحاد) سلسلتين او أكثر من الموجات الضوئية المتشاكهة عند انتشارها بمستو واحد وفي ان واحد في الوسط نفسه .

يتم التداخل وفق مبدأ التراكب حيث تكون إزاحة الموجة المحصلة عند أي لحظة تساوي حاصل جمع ازاحتي الموجتين المتراكبتين عند اللحظة نفسها .

المسار البصري : هو الإزاحة التي يقطعها الضوء في الفراغ بالزمن نفسه الذي يقطعه في الوسط المادي الشفاف .

س / ما هي شروط التداخل المستديم ؟

ج / 1 - اذا كانت الموجتان متشاكهتين .

2 - اذا كان اهتزازهما في مستوى واحد وفي وسط واحد وتتجهان نحو نقطة واحدة وفي آن واحد .

س / ما سبب وجود فرق الطور بين الموجتين المتداخلتين ؟

ج / أن سبب فرق الطور هو وجود فرق في المسارات البصرية للموجتين المتداخلتين . وحسب العلاقة التالية :

$$\Phi = \frac{2\pi}{\lambda}\,\Delta \ell$$

حيث أن $\Delta \ell$: تمثل فرق المسار البصري بين الموجتين . Φ : فرق الطور بين الموجتين .

س / ما هو شرط التداخل البناء ؟

ج / عندما يكون فرق المسار البصري يساوي $\Delta \ell = m\lambda$

حيث ان : $m = 0, 1, 2, 3, \ldots$

فيكون فرق المسار البصري ($\Delta \ell$) يساوي صفراً أو أعداد صحيحة من طول الموجة .

أي ان : $\Delta \ell = 0,\ 1\lambda,\ 2\lambda,\ 3\lambda, \ldots$

وبما ان : $\Phi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta \ell$

فيكون فرق الطور (Φ) بين الموجتين يساوي صفراً أو أعداد زوجية من (π rad)

أي ان : $\Phi = 0,\ 2\pi,\ 4\pi,\ 6\pi, \ldots$ rad

س / ما هو شرط التداخل الاتلافي ؟

ج / يكون فرق المسار البصري يساوي $\Delta \ell = (m + \frac{1}{2})\lambda$

حيث ان : $m = 0, 1, 2, 3, \ldots$

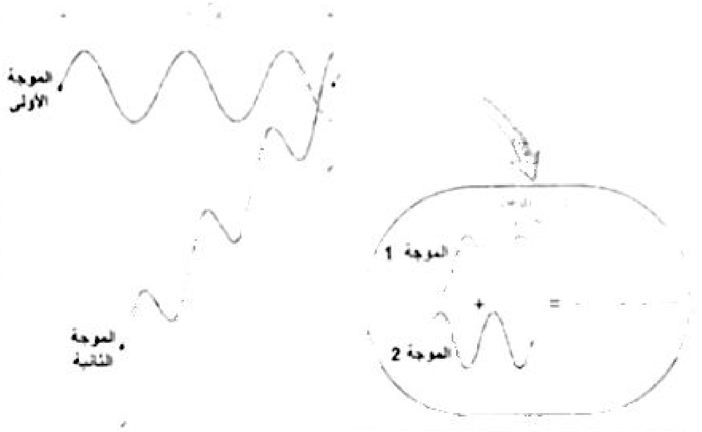
فيكون فرق المسار البصري ($\Delta \ell$) يساوي أعداد فردية من نصف طول الموجة .

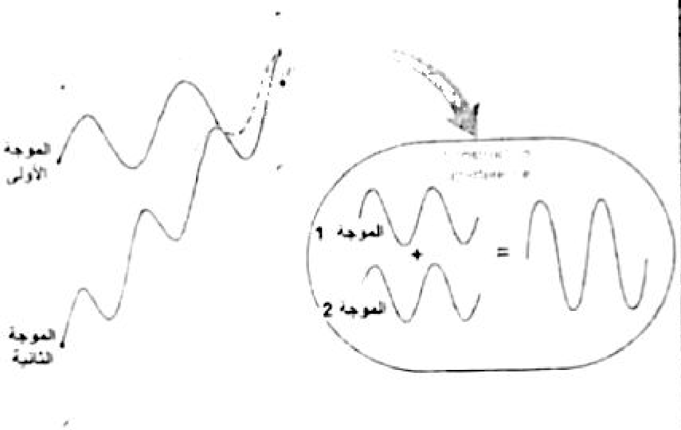
أي ان : $\Delta \ell = \frac{1}{2}\lambda,\ \frac{3}{2}\lambda,\ \frac{5}{2}\lambda, \ldots$

وبما ان : $\Phi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta \ell$

فيكون فرق الطور (Φ) بين الموجتين يساوي أعداد فردية من (π rad)

أي ان : $\Phi = \pi,\ 3\pi,\ 5\pi, \ldots$ rad





س / ما العامل الذي يحدد نوع تداخل الموجات الضوئية ؟

ج / فرق المسار البصري ($\Delta \ell$) . أو فرق الطور بين الموجات المتداخلة (Φ) .

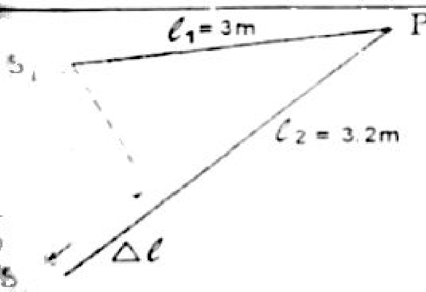
س / ماذا يحدث اذا كان فرق المسار البصري بين موجتين ضوئيتين متشاكهتين متراكبتين يساوي : 1 - أعداد صحيحة من الأطوال الموجية ؟ ج / تداخل بناء (تكوين هداب مضيئة)

2 - أعداد فردية من أنصاف الأطوال الموجية ؟ ج / تداخل اتلافي (تكوين هداب مظلمة)

3 - صفراً ؟ / تداخل بناء (تكوين هداب مضيئة) (هدب مركزي)

مثال 1

في الشكل المقابل مصدران (S_1 ، S_2) متشاكهان يبعثان موجات ذات طول موجي ($\lambda = 0.1$ m) وتتداخل الموجات الصادرة عنها عند النقطة P في آن واحد . ما نوع التداخل الناتج عند هذه النقطة عندما تقطع إحدى الموجتين مساراً بصرياً قدره (3.2 m) والأخرى مساراً بصرياً مقداره (3 m) ؟



الحل / لمعرفة نوع التداخل الحاصل بين الموجتين يتطلب ايجاد (m) من شرطي التداخل .

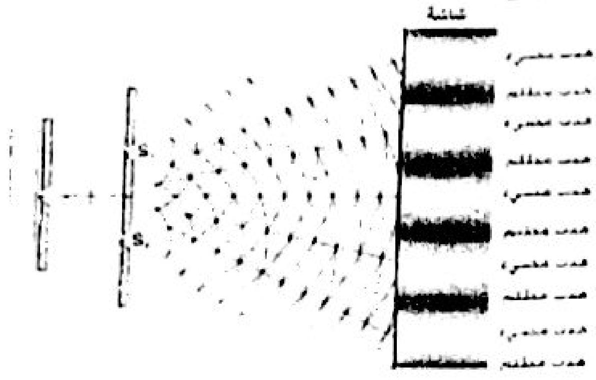
$$\Delta \ell = \ell_2 - \ell_1 = 3.2 - 3 = 0.2 \text{ m}$$

الاحتمال الأول : يهمل $\Delta \ell = (m + \frac{1}{2})\lambda \Rightarrow 0.2 = (m + \frac{1}{2}) \times 0.1 \Rightarrow 2 = m + \frac{1}{2} \Rightarrow m = 1\frac{1}{2}$

الاحتمال الثاني : $\Delta \ell = m\lambda \Rightarrow 0.2 = m \times 0.1 \Rightarrow m = 2$

أذن يكون التداخل بناء لأن $m = 0, 1, 2, 3, \ldots$

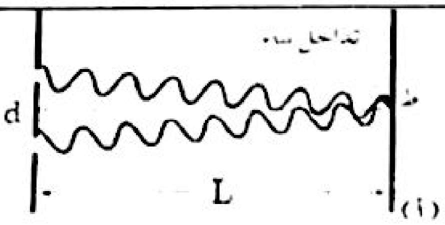
تجربة شقي يونك (الشق المزدوج)



س / اشرح تجربة يونك في إثبات ظاهرة التداخل في الضوء ؟

أستعمل العالم يونك في تجربته حاجزاً ذا شق ضيق أضيء بضوء أحادي اللون ومن ثم يسقط الضوء على حاجز يحتوي على شقين متماثلين ضيقين يسميان بالشق المزدوج يقعان على بعدين متساويين عن شق الحاجز الأول ثم وضع على بعد عدة أمتار منهما شاشة . كانت النتيجة التي حصل عليها العالم يونك ظهور مناطق مضيئة ومناطق معتمة على التعاقب سميت بالهُدب .

ملاحظة : في تجربة يونك يحصل كلاً النوعين من التداخل للموجات الضوئية فعند المناطق المضيئة يكون التداخل بناءاً والمناطق المظلمة يكون التداخل اتلافياً . وذلك بسبب وجود فرق الطور في تجربة يونك .

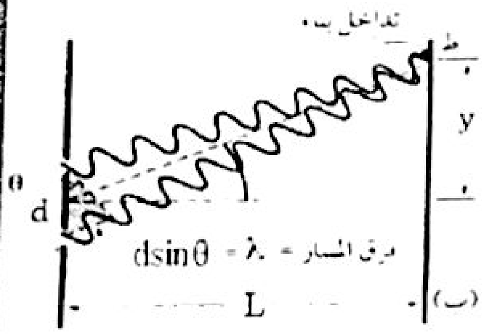


لذلك نسأل : س / ما سبب وجود فرق الطور في تجربة يونك ؟

ج / سبب فرق الطور هو وجود فرق في المسارات البصرية للموجات المتداخلة .

س / كيف يتم حساب فرق المسار البصري في تجربة يونك ؟

ج / يتم حساب فرق المسار البصري من العلاقة الآتية : فرق المسار البصري = $d \sin\theta$



س / كيف يتم الحصول على : 1 - هدب مضيئة ؟ 2 - هدب معتمة ؟

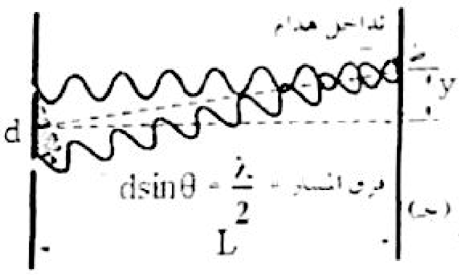
ج / 1 - عندما يكون فرق المسار البصري يساوي صفراً أو أعداد صحيحة من طول الموجة .

(التداخل بناء) $(d \sin\theta = m\lambda)$

2 - عندما يكون فرق المسار البصري يساوي أعداد فردية من أنصاف طول الموجة .

(التداخل إتلاف) $(d \sin\theta = (m + \frac{1}{2}) \lambda)$

حيث ان : $m = 0 , \mp1 , \mp2 , \mp3 , \dots$



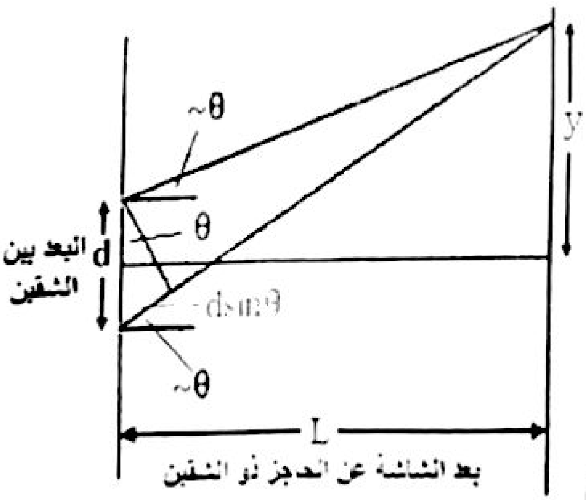
س / ما هو الاستنتاج الذي توصل اليه العالم يونك من خلال تجربته ؟

ج / 1 - ان للضوء طبيعة موجية .

2 - أثبات التداخل بين موجات الضوء .

3 - تمكن من حساب الطول الموجي للضوء المستعمل في التجربة .

س / أشتق علاقة تحسب فيها الطول الموجي للضوء المستعمل في تجربة يونك ؟



ج / من الشكل المقابل : $\tan\theta = \frac{y}{L}$ ⟸ $y = L \tan\theta$

وبما أن الزاوية (θ) صغيرة جداً ستكون $\tan\theta \cong \sin\theta$

$y = L \tan\theta \cong L \sin\theta$

وللهُدب المضيئة تكون $(\sin\theta = m\lambda / d)$

فتصبح المعادلة : للهُدب المضيئة

$$y_m = \frac{\lambda L}{d} m$$

وللهُدب المظلمة تكون $(\sin\theta = (m + \frac{1}{2}) \lambda / d)$

فتصبح المعادلة : للهُدب المظلمة

$$y_m = \frac{\lambda L}{d} (m + \frac{1}{2})$$

حيث ان : θ تمثل زاوية الحيود .

y يمثل بعد الهدب المضيء أو المظلم عن الهدب المركزي المضيء .

λ طول الموجة . m رتبة الهدب المضيء أو المظلم .

L يمثل بعد الشاشة عن حاجز الشقين . d البعد بين الشقين (S_1 ، S_2) .

س / ما المقصود بـ فاصلة الهدب (Δy) ؟ وكيف يتم حسابها ؟ وعلام تعتمد ؟

ج / فاصلة الهدب هي الفواصل بين الهدب المتجاورة .

يتم حسابها من العلاقة الآتية :

$$\Delta y = y_{m+1} - y_m = \frac{(m+1)\lambda L}{d} - \frac{m\lambda L}{d} \Rightarrow \boxed{\Delta y = \frac{\lambda L}{d}}$$

تعتمد على : 1 - بعد الشقين عن الشاشة (L) تناسب طردي ($\Delta y \propto L$)

2 - الطول الموجي للضوء الأحادي المستعمل في تجربة يونك (λ) تناسب طردي ($\Delta y \propto \lambda$)

3 - البعد بين الشقين (d) تناسب عكسي ($\Delta y \propto \frac{1}{d}$)

س / لماذا يكون الهدب المركزي مضيء دائماً في تجربة يونك ؟

ج/ لأن (فرق المسار البصري = صفراً) بين الموجات الواصلة الى هذا المكان من الشقين . ويكون لونه بنفس لون الضوء الساقط دائماً

س / ماذا يحصل لو أستعمل الضوء الأبيض في تجربة يونك ؟

وكيف تظهر بقية الهدب المضيئة على جانبي الهدب المركزي المضيء ؟

ج / يظهر الهدب المركزي بلون أبيض . وعلى جانبيه تظهر أطياف مستمرة للضوء الأبيض يتدرج كل طيف من اللون البنفسجي الى اللون الأحمر .



س / ماذا يحصل إذا كان المصدران الضوئيان المستعملين في تجربة يونك غير متشاكهين ؟

ج / يحصل التداخل البناء والإتلاف بالتعاقب وبسرعة كبيرة جداً لا تدركهما العين لان كلاً من المصدرين يبعث موجات بأطوار عشوائية متغيرة بسرعة فائقة جداً فلا يمكن الحصول على فرق ثابت في الطور بين الموجات المتداخلة في أية نقطة من نقاط الوسط لذا تشاهد العين إضاءة مستمرة بسبب صفة دوام الإبصار .

س / ماذا يحصل للأبعاد بين هدب التداخل في تجربة يونك :

1 - عندما يقل البعد بين الشقين ؟ ج / تزداد . لأن $\Delta y = \frac{\lambda L}{d}$ ⬅ ($\Delta y \propto \frac{1}{d}$) تناسب عكسي (بثبوت بقية العوامل)

2 - لو غمرت جميع أجزائها في الماء ؟ ج / تقل . لأن $\Delta y = \frac{\lambda L}{d}$ ⬅ ($\Delta y \propto \lambda$) تناسب طردي (بثبوت بقية العوامل)

وإذا غمرت المجموعة في الماء معناه نقصان الطول الموجي .

3 - لو أستبدل الضوء بآخر تردده أكبر ؟ ج / تقل . لأن $\Delta y = \frac{\lambda L}{d}$ ⬅ ($\Delta y \propto \lambda$) تناسب طردي (بثبوت بقية العوامل)

وأن زيادة التردد معناه نقصان الطول الموجي .

س / عند استعمال ضوء أحمر في تجربة يونك تكون المسافات بين هدب التداخل أكبر مما هي عليه عند استعمال ضوء أزرق .علل ذلك ؟

ج / لان الفواصل تتناسب طردياً مع الطول الموجي ($\Delta y \propto \lambda$) وحسب العلاقة $\Delta y = \frac{\lambda L}{d}$

وبما أن الطول الموجي للأحمر أطول من الطول الموجي للأزرق فتكون المسافات للضوء الأحمر أكبر من المسافات للضوء الأزرق .

مثال 2

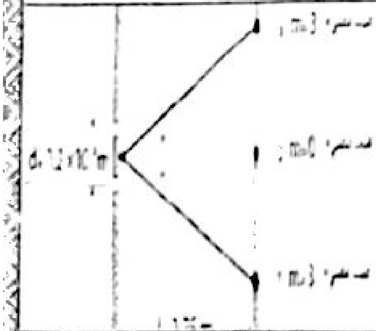
اذا كان البعد بين شقي تجربة يونك يساوي (0.2 mm) وبعد الشاشة عنهما يساوي (1 m) وكان البعد بين الهدب الثالث المضيء عن الهدب المركزي يساوي (9.49 mm) . أحسب طول موجة الضوء المستعمل في هذه التجربة ؟

الحل /

$$\lambda = \frac{y_m d}{m L} = \frac{(9.49 \times 10^{-3})(0.2 \times 10^{-3})}{(3)\times(1)} = 633 \times 10^{-9}\ m = 633\ nm$$

مثال 3

في الشكل المقابل أستعمل ضوء أحمر طوله الموجي في تجربة يونك $\lambda = 664$ nm وكان البعد بين الشقين ($d = 1.2 \times 10^{-4}$ m) وبعد الشاشة عن الشقين $L = 2.75$ m جد المسافة على الشاشة بين الهدب المضيء ذي المرتبة الثالثة ومركز الهدب المركزي ؟



الحل /

$$y_m = \frac{\lambda L m}{d} = \frac{(664 \times 10^{-9})(2.75)(3)}{(1.2 \times 10^{-4})} = 0.04565\ m = 4.565\ cm$$

س / نشاهد بقع الزيت الطافية على سطح الماء وأغشية فقاعة الصابون ملونة بألوان زاهية ؟ علل ذلك ؟
ج / بسبب التداخل بين موجات الضوء الأبيض المنعكسة عن السطح الأمامي والسطح الخلفي للغشاء الرقيق .

س / علامَ يتوقف التداخل في الأغشية الرقيقة ؟
ج / يتوقف على عاملين : 1- سمك الغشاء : إذ أن الموجات المنعكسة عن السطح الخلفي تقطع مساراً إضافياً يساوي ضعف سمك الغشاء
2 - انقلاب الطور : إذ أن الموجات المنعكسة عن السطح الأمامي يحصل لها انقلاباً في الطور مقداره (π rad)

س / وضح ماذا يحدث عند سقوط الضوء على غشاء رقيق (غشاء فقاعة الصابون) ؟
ج / عند سقوط موجات ضوئية على غشاء رقيق ينعكس قسماً منها عن السطح الأمامي للغشاء وتعاني انقلاباً في الطور مقداره (π rad) لأن كل موجة تنعكس عن وسط معامل انكساره أكبر من الوسط الذي قدمت منه يحصل لها انقلاباً في الطور بمقدار (180°) .

أما القسم الأخر من الضوء فأن موجاته تنفذ من الغشاء وتعاني انكساراً وعند انعكاسها عن السطح الخلفي للغشاء (الذي سمكه t) لا تعاني انقلاباً في الطور بل تقطع مساراً بصرياً يساوي ضعف السمك البصري للغشاء (2 nt) . كما موضح بالشكل المقابل .



فيحصل بين الموجات المنعكسة عن السطح الأمامي والمنعكسة عن السطح الخلفي تداخل بناء أو إتلافي ويتوقف هذا على : (سمك الغشاء) و (انقلاب الطور) .

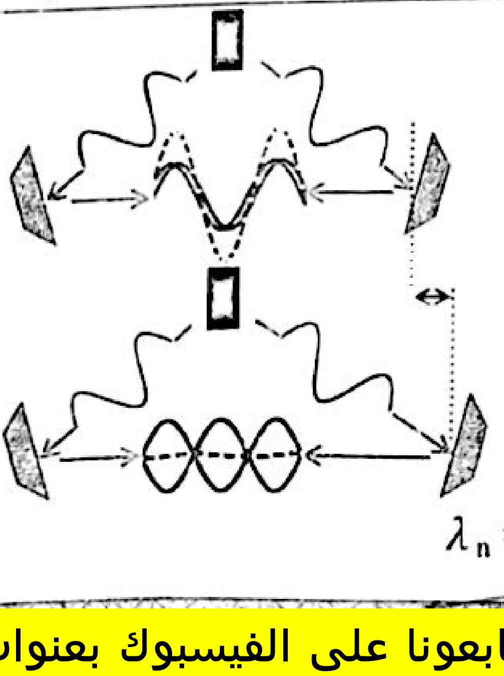
س / في الأغشية الرقيقة ما هي شروط حدوث كل من : 1 - التداخل البناء ؟ 2 - التداخل الإتلاف ؟
ج / 1 - التداخل البناء ان يكون سمك الغشاء (nt) أعداد فردية لربع طول الموجة ($nt = (\frac{1}{4}\lambda, \frac{3}{4}\lambda, \frac{5}{4}\lambda, \ldots)$)

2 - التداخل الإتلاف ان يكون سمك الغشاء (nt) أعداد زوجية لربع طول الموجة ($nt = (0, \frac{2}{4}\lambda, \frac{4}{4}\lambda, \frac{6}{4}\lambda, \ldots)$)

س / إذا كان سمك الغشاء البصري لفقاعة الصابون (0.75λ) ما نوع التداخل للضوء الساقط ؟ وكيف تفسر ذلك ؟
ج / تداخل بناء . لأن سمك الغشاء يساوي عدد فردي لربع طول الموجة . حيث أن $nt = 0.75\lambda = \frac{3}{4}\lambda$ سمك الغشاء

س / ما مقدار فرق الطور بين الشعاع المنعكس عن السطح الأمامي لغشاء رقيق والشعاع المنعكس عن السطح الخلفي للغشاء ؟
ج / 1 - فرق الطور يساوي (صفراً) في المناطق التي يكون فيها سمك الغشاء اعداد فردية لربع طول الموجة ($\frac{1}{4}\lambda, \frac{3}{4}\lambda, \ldots$)
2 - فرق الطور يساوي (180°) في المناطق التي يكون فيها سمك الغشاء اعداد زوجية لربع طول الموجة ($\frac{2}{4}\lambda, \frac{4}{4}\lambda, \ldots$)

ملاحظة



1- في الشكل المقابل يوضح فرق الطور بين الموجتين المنعكستين والتداخل بينهما فيكون التداخل بناء اذا كان سمك الغشاء (nt) أعداد فردية لربع طول الموجة

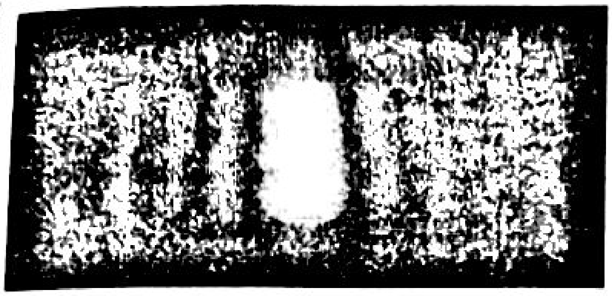
$nt = (\frac{1}{4}\lambda, \frac{3}{4}\lambda, \frac{5}{4}\lambda, \ldots)$ سمك الغشاء

ويكون التداخل إتلاف اذا كان سمك الغشاء (nt) أعداد زوجية لربع طول الموجة

$nt = (0, \frac{2}{4}\lambda, \frac{4}{4}\lambda, \frac{6}{4}\lambda, \ldots)$ سمك الغشاء

2 - طول موجة الضوء λ_n في وسط ما معامل انكساره (n) يعطى بالعلاقة : $\lambda_n = \frac{\lambda}{n}$

ثانياً : حيود موجات الضوء



س / وضح بتجربة حيود الضوء ؟

ج / نأخذ لوح زجاج ودبوس ودهان أسود ومصدر ضوئي أحادي اللون .

العمل : 1 - ندهن لوح الزجاج بالدهان الأسود .

2 - نعمل شقاً رفيعاً في لوح الزجاج باستعمال رأس الدبوس .

3 - ننظر من خلال الشق إلى المصدر الضوئي .

نلاحظ : مناطق مضيئة ومناطق معتمة والمنطقة الوسطى عريضة وشديدة الإضاءة وان الهدب المضيئة تقل شدتها ويتناقص عرضها بالتدرج عند الابتعاد عن الهدب المركزي المضيء .

الاستنتاج : إن ظهور مناطق مضيئة وأخرى مظلمة على جانبي الفتحة تدل على ان الضوء يحيد عن مساره .

س / ما هو الشرط للحصول على : 1 - هدب مضيئة ؟ 2 - هدب معتمة ؟

ج / 1 - هدب مضيئة : ان يكون : $(\ell \cdot \sin\theta = (m + \frac{1}{2})\lambda)$

2 - هدب معتمة : ان يكون : $(\ell \cdot \sin\theta = m\lambda)$

حيث ان : $m = 0, \mp1, \mp2, \mp3, \ldots\ldots$ ℓ يمثل عرض الشق .



س / ما المقصود بـ (محزز الحيود) ؟ ومم يتألف ؟ وكيف يمكن صنعه ؟

ج / هو عبارة عن أداة مفيدة في تحليل مصادر الضوء .

يتألف : من عدد كبير من الحزوز المتوازية ذات الفواصل المتساوية .

يمكن صنعه : بوساطة طبع حزوز على لوح زجاج في ماكنة تسطير بالغة الدقة .

ملاحظات مهمة

1 - ان الحزوز تحجب الضوء بينما الفواصل بين الحزوز تكون شفافة تسمح بنفاذ الضوء .

2 - يمكن أن تحصل ظاهرة الحيود في نسيج من القماش (الخيوط تحجب الضوء والمسافات بين الخيوط تنفذ الضوء) .

3 - تتراوح عدد الشقوق في السنتمتر الواحد بين $\frac{line}{cm}$ (1000 − 10000) . حز (line) لكل سنتمتر (cm) .

4 - المسافة بين كل حزين متتاليين يسمى (ثابت المحزز d) . ويساوي $d = \frac{(w)\ \text{عرض المحزز}}{(N)\ \text{عدد الحزوز}}$ ثابت المحزز $d = \frac{w}{N}$

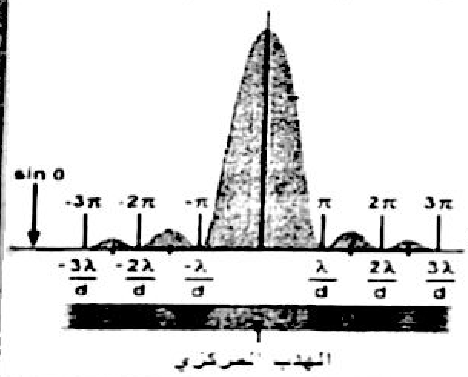
5 - فرق المسار البصري بين أي شقين متجاورين يساوي ($d \sin\theta$) .

6 - عندما يكون فرق المسار البصري يساوي طول الموجة أو أعداد صحيحة من طول الموجة فأن الموجات المتداخلة تكون هدب مضيئة على الشاشة . وحسب العلاقة الآتية : ($d \sin\theta = m\lambda$) (التداخل بناء) حيث ان : $m = +1, +2, +3, \ldots$

7 - يمكن استعمال العلاقة أعلاه لحساب لطول الموجي لضوء أحادي اللون باستعمال جهاز يسمى المطياف . حيث يكون :

$$\lambda = \frac{d \sin\theta}{m}$$

8 - شدة الإضاءة للهدب على الحاجز تكون في قيمتها العظمى عند النقطة المركزية وتقل شدة الإضاءة للهدب كلما ابتعدت عن الصورة المركزية . كما موضح بالشكل المقابل :



س / ما الفائدة العملية من محزز الحيود ؟

ج / 1 - تحليل الضوء . 2 - قياس الطول الموجي . 3 - دراسة الأطياف .

س / علامَ تعتمد زاوية الحيود في المحزز ؟

ج / طول الموجة (λ) . 2 - الرتبة (m) . 3 - ثابت المحزز (d) . حيث ان : $\sin\theta = \frac{m\lambda}{d}$

س / أيهما يحيد اكبر الضوء الأحمر أم الضوء الازرق تحت نفس الظروف ؟ ولماذا ؟

ج / الضوء الأحمر . لأن موجته أطول وحسب العلاقة الآتية : $\sin\theta = \frac{m\lambda}{d}$ ⟸ ($\sin\theta \propto \lambda$) (تناسب طردي) .

س / ما التغير الذي يحصل في عرض المنطقة المركزية المضيئة لنمط الحيود من شق واحد عندما نجعل عرض الشق يضيق أكثر ؟

ج / يزداد عرض المنطقة المركزية المضيئة . حسب العلاقة الآتية للهدب مضيئة : ($\ell \cdot \sin\theta = (m + \frac{1}{2})\lambda$)

$$\sin\theta = \frac{(m + \frac{1}{2})\lambda}{\ell}$$ ⬅ ($\sin\theta \propto \frac{1}{\ell}$) (تناسب عكسي) ⬅ فتزداد ($\sin\theta$) ⬅ فيزداد عرض المنطقة المركزية المضيئة

مثال 4

ضوء أحادي اللون من ليزر هيليوم - نيون طوله الموجي ($\lambda = 632.8$ nm) يسقط عمودياً على محزز حيود يحتوي السنتمتر الواحد منه على (6000 line) . جد زوايا الحيود (θ) للمرتبة الأولى والثانية المضيئة ؟

الحل /

$$d = \frac{w}{N} = \frac{1\ cm}{6000}$$

ثابت المحزز $d = 1.667 \times 10^{-4}$ cm

بما أن : $d \sin\theta = m\lambda$

$$\sin\theta_1 = \frac{m\lambda}{d} = \frac{(1)(632.8 \times 10^{-7})cm}{(1.667 \times 10^{-4})\ cm} = 0.3796$$ ⬅ زاوية حيود المرتبة الأولى المضيئة $\theta_1 = 21.3°$

$$\sin\theta_2 = \frac{m\lambda}{d} = \frac{(2)(632.8 \times 10^{-7})cm}{(1.667 \times 10^{-4})\ cm} = 0.7592$$ ⬅ زاوية حيود المرتبة الثانية المضيئة $\theta_2 = 49°$

وزاري 1 د 2005

أستعمل محزز حيود عدد حزوزه ($5000\ \frac{line}{cm}$) لقياس الطول الموجي لضوء فكان قياس زاوية حيود صورة الرتبة الثانية المضيئة في الطيف الناتج ($30°$) . ما طول موجة الضوء المستعمل ؟

الحل /

$$d = \frac{w}{N} = \frac{1\ cm}{5000}$$

ثابت المحزز $d = 2 \times 10^{-4}$ cm

الرتبة $m = 2$

$\sin\theta = \sin 30° = 0.5$

$$\lambda = \frac{d \sin\theta}{m} = \frac{(2 \times 10^{-4})(0.5)}{2} = 5 \times 10^{-5}\ cm = 5 \times 10^{-5} \times 10^{7} = 500\ nm$$

مثال خارجي 6

محزز حيود يحتوي السنتمتر الواحد منه على (10000 line) سقط عليه ضوء أحادي اللون طول موجته (500 nm) جد : 1 - أكبر عدد من المراتب المضيئة ترى على الشاشة ؟ 2 - هل يمكن رؤية المرتبة العاشرة ؟

الحل /

$$d = \frac{w}{N} = \frac{1\ cm}{10000}$$

ثابت المحزز $d = 1 \times 10^{-4}$ cm

$\lambda = 500\ nm = 500 \times 10^{-7}\ cm = 5 \times 10^{-5}\ cm$

$\sin\theta = \sin 90° = 1$ (أكبر حيود)

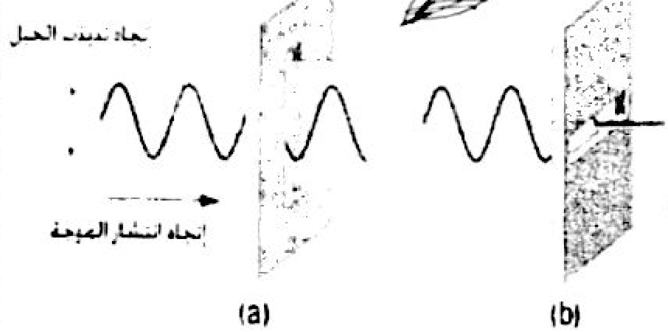
1 - $\sin\theta = \frac{m\lambda}{d}$ ⬅ $m = \frac{d \sin\theta}{\lambda} = \frac{(1 \times 10^{-4})(1)}{(5 \times 10^{-5})\ cm} = 2$ ⬅ أكبر عدد = $2 + 1 + 2 = 5$ مراتب مضيئة

2 - $\sin\theta = \frac{m\lambda}{d} = \frac{(10)(5 \times 10^{-5})cm}{(1 \times 10^{-4})\ cm} = 5$ (خيالي) ⬅ (لا يوجد زاوية جيبها يساوي 5) أذن لا يمكن .

ثالثاً : استقطاب الضوء : هو ظاهرة تذبذب المجال الكهربائي للموجات الضوئية بمستوي واحد عمودي على خط انتشار الموجة . ويعتبر الدليل القاطع على أن الضوء موجة مستعرضة .

س / وضح بتجربة ظاهرة استقطاب الموجات ؟

ج / نأخذ حبل مثبت من احد طرفيه بجدار وحاجز ذو شق



العمل : 1 - نمرر الطرف السائب من الحبل عبر شق الحاجز .
بحيث نجعل الشق طوليا نحو الأعلى وعمودياً مع الحبل
2 - نشد الحبل ثم ننتره لتوليد موجة مستعرضة منتقلة فيه .
نشاهد أن الموجة قد مرت من خلال الشق . كما في الشكل (a)
3 - نجعل الشق بوضع أفقي ثم نشد الحبل وننتره .
نشاهد أن الموجة المستعرضة المتولدة في الحبل لا يمكنها المرور من خلال الشق . كما في الشكل (b)

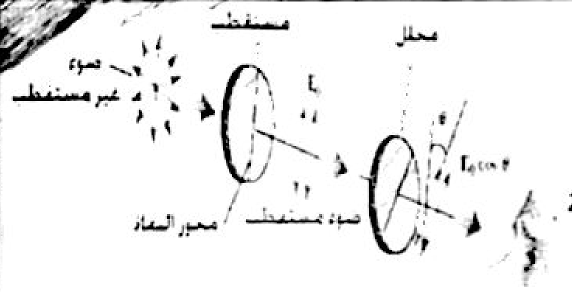
يمكن التوصل إلى النتيجة نفسها مع موجات الضوء ، اذا استعملت شريحة من التورمالين .

س / ما المقصود بـ (بلورة التورمالين) ؟

ج / هي مادة شفافة تسمح بمرور موجات الضوء الذي يكون تذبذب مجاله الكهربائي بالاتجاه العمودي وتحجب موجات الضوء الذي يكون تذبذب مجاله الكهربائي بالاتجاه الأفقي وذلك بامتصاصها داخلياً .

س / وضح بتجربة ظاهرة استقطاب موجات الضوء ؟

ج / نأخذ شريحتان من التورمالين ومصدر ضوئي .



العمل : 1 - نضع الشريحتين من التورمالين في طريق مصدر الضوء . كما في الشكل المقابل .
2 - نقوم بتثبيت أحداهما ونقوم بتدوير الشريحة الأخرى ببطء حول الحزمة الضوئية . نلاحظ أن شدة الضوء النافذ تتغير عند تدوير الشريحة الثانية .

لأن بلورة التورمالين تترتب فيها الجزيئات بشكل سلسلة طويلة إذ لا يسمح بمرور الموجات الضوئية إلا إذا كان مستوى اهتزاز مجالها الكهربائي عمودي على خط السلسلة بينما تقوم بامتصاص باقي الموجات وهذه العملية تسمى الاستقطاب والموجات الضوئية تسمى موجات ضوئية مستقطبة . وتسمى الشريحة التي تقوم بهذه العملية بـ (المستقطب) والشريحة الثانية بـ (المحلل) .

س / ما المقصود بكل من :

1 - الضوء المستقطب كلياً : هو الضوء الذي يكون تذبذب المجال الكهربائي باتجاه واحد فقط عمودي على خط انتشار الموجة .

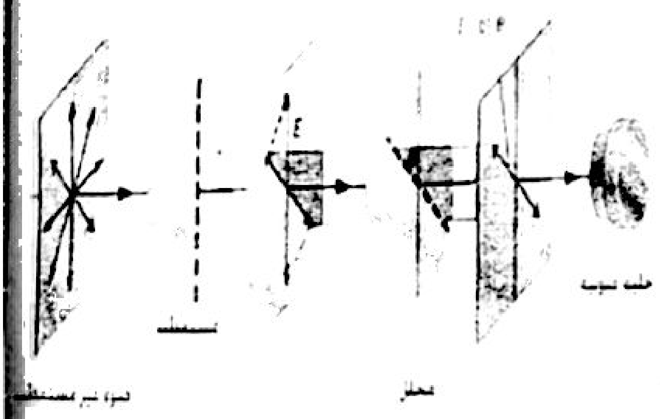
2 - الضوء المستقطب جزئياً : هو الضوء الذي يكون تذبذب المجال الكهربائي في اتجاهات أكثر من الاتجاهات الأخرى .

3 - الضوء غير المستقطب : هو الضوء الذي يكون تذبذب المجال الكهربائي باتجاهات عشوائية في مستويات متوازية عمودية على خط انتشار الموجة .

4 - مستوي الاستقطاب : هو ذلك المستوي الذي يتذبذب ضمنه المجال الكهربائي للموجة الضوئية .

س / وضح بتجربة تأثير المادة المستقطبة في شدة الضوء النافذ من خلالها ؟

ج / نأخذ مصدر ضوئي أحادي اللون وشريحتان من مادة التورمالين .



العمل : 1 - نضع المصدر الضوئي أمام اللوح المستقطب ثم نضع اللوح الثاني المحلل خلفه نلاحظ تناقص شدة الضوء النافذ خلال اللوحين .
2 - نقوم بتدوير اللوح المحلل حتى تنعدم شدة الضوء تماماً .

نستنتج من ذلك : أن الضوء الاعتيادي النافذ من خلال اللوح المستقطب قد استقطب استوائياً وقلت شدته وعند نفوذه من اللوح المحلل قلت شدته أكثر .

وعند تدوير اللوح المحلل عند وضع معين له نجد ان شدة الضوء تختفي تماماً عند النظر من خلاله وهذا يدل على أن الضوء المستقطب قد حجبه المحلل بالكامل .

ملاحظة

1 - يمكن الحصول على الضوء المستقطب من غير المستقطب بوساطة بعض المواد المستقطبة للضوء مثل : (التورمالين ، الكوارتز ، الكالسايت)

2 - تنفذ موجات الضوء عندما تتذبذب مجالاتها الكهربائية في مستو موازٍ لاتجاه معين وهو المحور البصري . وتمتص تلك الموجات التي تتذبذب مجالاتها الكهربائية بالاتجاهات الأخرى .

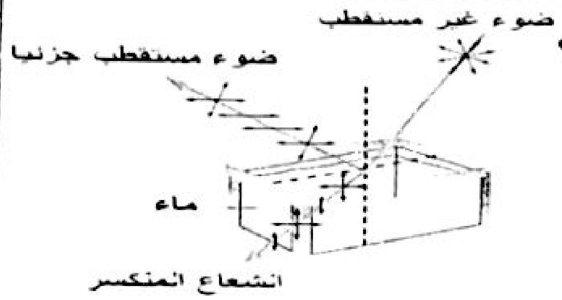
س / ما هي طرق الاستقطاب في الضوء ؟

اولا : الاستقطاب بالامتصاص الانتقائي :

هنالك مواد تسمى بالقطبية والتي تستقطب الضوء عن طريق الامتصاص الانتقائي . إذ تصنع هذه المواد بهيئة ألواح رقيقة ذات سلسلة هيدروكاربونية طويلة وتكون الألواح ممتدة خلال تصنيعها إذ تتراصف جزيئات السلسلة الطويلة لتكون محور بصري لنفاذ الضوء والتي يكون مجالها الكهربائي عمودياً على السلسلة الجزيئية .

ثانياً : الاستقطاب بالانعكاس :

اكتشف العالم مالوس (Malus) أنه عند سقوط الضوء على سطوح عاكسة كالمرايا المستوية أو كسطح ماء بحيرة فان الضوء المنعكس يكون مستقطباً جزئياً وفي مستوي موازٍ لمستوى لسطح العاكس . في حين الضوء المنكسر في الوسط الثاني يكون في مستوى الأشعة . كما موضح في الشكل أدناه .



س / علام تعتمد درجة استقطاب الضوء بالانعكاس ؟

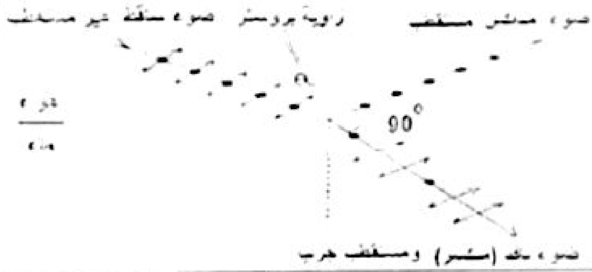
ج / تعتمد على زاوية السقوط .

فإذا كانت زاوية سقوط الضوء تساوي صفراً لا يحدث استقطاب . ويزداد الاستقطاب بزيادة زاوية السقوط إلى أن يصل إلى استقطاب استوائي كلي عند زاوية معينة تسمى زاوية بروستر .

س / ما المقصود بـ (زاوية بروستر) ؟ وعلام تعتمد ؟ وما قانونها ؟

ج / هي زاوية السقوط التي يكون عندها الشعاع المنعكس مستقطباً استوائياً كلياً والشعاع المنكسر مستقطباً جزئياً . وتكون الزاوية بين الشعاع المنعكس والمنكسر قائمة (90°) .

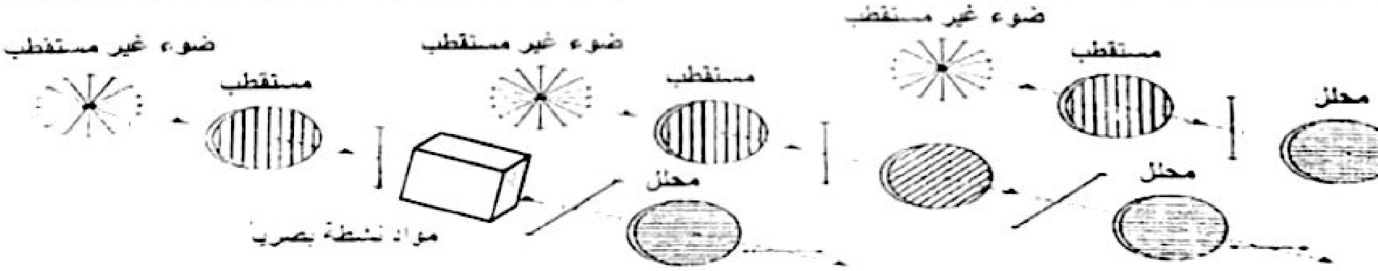
تعتمد على : معامل انكسار الوسط الشفاف .



قانونها :

$$\tan \theta_p = n$$

حيث أن : (θ_p) تمثل زاوية بروستر . (n) تمثل معامل انكسار الوسط .



س / ما المقصود بـ (المواد النشطة بصرياً) ؟

ج / هي المواد التي لها القابلية على تدوير مستوى الاستقطاب للضوء المستقطب عند مروره من خلاله بزاوية تسمى بزاوية الدوران البصري . مثل (بلورة الكوارتز ، سائل التربنتين ، محلول السكر في الماء) .

س / ما المقصود بـ (زاوية الدوران البصري) ؟

ج / هي تلك الزاوية التي يدور بها مستوي استقطاب الضوء المستقطب عند مروره خلال مادة نشطة بصرياً .

س / علام تعتمد زاوية الدوران البصري ؟

ج / تعتمد على : 1 - نوع المادة . 2 - سمك المادة . 3 - تركيز المحلول (إذا كانت المادة سائلة) . 4 - طول موجة الضوء المار خلالها .

رابعاً : الاستطارة في الضوء : عند سقوط ضوء الشمس والذي تتراوح أطواله الموجية λ بين (400 nm – 700 nm) على جزيئات الهواء التي أقطارها تبلغ d إذ ان ($d \le \lambda$) وجد ان شدة الضوء المستطار تتناسب عكسياً مع الأس الرابع للطول الموجي أي : (شدة الاستطارة $\propto \frac{1}{\lambda^4}$)

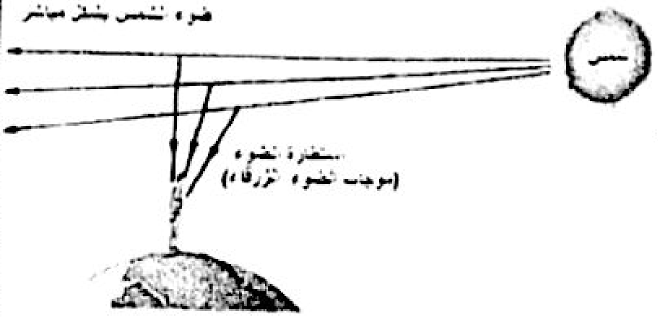
س / أي من الأطوال الموجية للضوء الأبيض يستطار بنسبة أكبر ؟ وأيهما يستطار بنسبة أقل ؟ ولماذا ؟

ج / (بنسبة أكبر) الموجات القصيرة (مجموعة الأزرق)

(بنسبة أقل) الموجات الطويلة (مجموعة الأحمر)

لأن (شدة الاستطارة $\propto \frac{1}{\lambda^4}$)

س / لماذا تبدو : السماء بلون أزرق عندما تكون الشمس فوق الأفق نهاراً ؟ وقرص الشمس أحمراً عند الشروق والغروب ؟



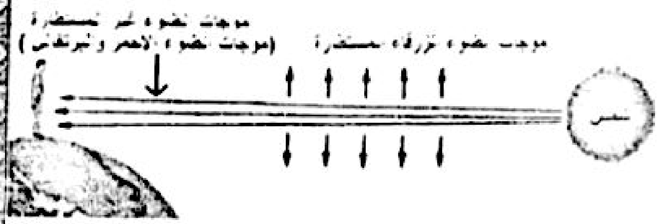
ج / في وقت النهار :

تكون استطارة الموجات القصيرة (مجموعة الأزرق) من ضوء الشمس بنسبة كبيرة نتيجة لمرور الضوء بين جزيئات الغلاف الجوي القريبة من سطح الأرض فتبدو بلون أزرق حيث أن : (شدة الاستطارة $\propto \frac{1}{\lambda^4}$)

وفي وقت الغروب :

تكون استطارة الموجات الطويلة (مجموعة الأحمر) من ضوء الشمس بنسبة قليلة فتصل الى العين فيبدو قرص بلون أحمر أو برتقالي .

حيث أن : (شدة الاستطارة $\propto \frac{1}{\lambda^4}$)



س / علام يعتمد مقدار الضوء المستطار ؟

ج / يعتمد على : 1 - الطول الموجي .

2 - عدد الجسيمات التي تسبب الاستطارة .

ملاحظة

اللون الناتج عن الاستطارة يسمى بـ (اللون التركيبي) يتميز عن ألوان الاصبغة مثل زرقة السماء وحمرتها عند الشروق والغروب وزرقة بعض عيون البشر واللون الأزرق لريش بعض الطيور كالحمام .

س / ما المقصود بـ اللون التركيبي ؟

ج / هو اللون الناتج من الاستطارة مثل زرقة السماء وحمرتها عند الشروق والغروب .

س / لماذا يستعمل اللون الاحمر كإشارة للخطر ؟

ج / لأن طوله الموجي كبير فتكون استطارته قليلة لذلك يصل الى مسافات بعيدة . حيث ان (شدة الاستطارة $\propto \frac{1}{\lambda^4}$)

من ظواهر الضوء التي درست في الفصل الخامس هي : (التداخل) (الحيود) (الاستقطاب) (الاستطارة)

لذلك نسأل : س / أي الظواهر أعلاه لا تعتمد على طول موجة الضوء المستعمل فيها ؟

ج / التداخل و الاستقطاب

س / أي الظواهر أعلاه التي تحصل في كلا النوعين من الموجات الطولية والمستعرضة ؟

ج / التداخل و الحيود

س / أعط مثالاً لضوء يستطار أكثر مما يحيد . وآخر يحيد أكثر مما يستطار ؟ تحت نفس الظروف .

ج/ الأزرق طوله الموجي قصير فيكون أكثر استطارة لان (شدة الاستطارة $\propto \frac{1}{\lambda^4}$) وأقل حيود لان $\sin\theta = \frac{m\lambda}{d}$ ($\sin\theta \propto \lambda$)

الأحمر طوله الموجي كبير فيكون أقل استطارة لان (شدة الاستطارة $\propto \frac{1}{\lambda^4}$) وأكثر حيود لان $\sin\theta = \frac{m\lambda}{d}$ ($\sin\theta \propto \lambda$)

خلاصة الفصل الخامس

اذا تداخلت موجات الضوء تداخل بناء نحصل على هدب مضيئة واذا تداخل اتلاف نحصل على هدب مظلمة وشرط التداخل موضح بالجدول

من حيث	شرط التداخل البناء (هدب مضيئة)	شرط التداخل الأتلافي (هدب مظلمة)
فرق المسار البصري ($\Delta \ell$)	يساوي صفراً أو أعداد صحيحة من طول الموجة . $\Delta \ell = m\lambda$ أي ان : $\Delta \ell = 0, 1\lambda, 2\lambda, 3\lambda, \ldots$	يساوي أعداد فردية من نصف طول الموجة . $\Delta \ell = (m + \frac{1}{2})\lambda$ أي ان : $\Delta \ell = \frac{1}{2}\lambda, \frac{3}{2}\lambda, \frac{5}{2}\lambda, \ldots$
فرق الطور (Φ)	يساوي صفراً أو أعداد زوجية من (π rad) أي ان : $\Phi = 0, 2\pi, 4\pi, 6\pi, \ldots$ rad حيث ان : $\Phi = \frac{2\pi}{\lambda}\Delta \ell$	يساوي أعداد فردية من (π rad) أي ان : $\Phi = \pi, 3\pi, 5\pi, \ldots$ rad حيث ان : $\Phi = \frac{2\pi}{\lambda}\Delta \ell$
تجربة يونك	عندما يكون فرق المسار البصري يساوي صفراً أو أعداد صحيحة من طول الموجة . ($d \sin\theta = m\lambda$)	عندما يكون فرق المسار البصري يساوي أعداد فردية من أنصاف طول الموجة .($d \sin\theta = (m + \frac{1}{2})\lambda$)
الأغشية الرقيقة	يكون سمك الغشاء nt أعداد فردية لربع طول الموجة $nt = (\frac{1}{4}\lambda, \frac{3}{4}\lambda, \frac{5}{4}\lambda, \ldots)$	يكون سمك الغشاء nt أعداد زوجية لربع طول الموجة $nt = (0, \frac{2}{4}\lambda, \frac{4}{4}\lambda, \frac{6}{4}\lambda, \ldots)$
الحيود	ان يكون : ($\ell . \sin\theta = (m + \frac{1}{2})\lambda$)	ان يكون : ($\ell . \sin\theta = m\lambda$)

استنتج العالم يونك من خلال تجربته :

1 - ان للضوء طبيعة موجية .
2 - أثبات التداخل بين موجات الضوء .
3 - تمكن من حساب الطول الموجي للضوء المستعمل في التجربة من العلاقات الآتية

1 - للهدب المضيئة : $\lambda = \frac{y\ d}{m\ L}$

2 - للهدب المظلمة : $\lambda = \frac{y\ d}{(m + \frac{1}{2})\ L}$

لدراسة ظاهرة الحيود نستخدم محزز الحيود وهو لوح زجاج يتألف من عدد كبير من الحزوز المتوازية ذات الفواصل المتساوية . ويمكن صنعه بوساطة طبع حزوز على لوح زجاج باستخدام ماكنة تسطير بالغة الدقة . والفائدة منه :

1 - تحليل الضوء . 2 - دراسة الأطياف .
3 - قياس الطول الموجي . من العلاقات الآتية :

1 - للهدب المضيئة : $\lambda = \frac{d\ \sin\theta}{m}$

2 - للهدب المظلمة : $\lambda = \frac{d\ \sin\theta}{(m + \frac{1}{2})}$

استقطاب الضوء : هو ظاهرة تذبذب المجال الكهربائي للموجات الضوئية بمستوي واحد عمودي على خط انتشار الموجة . و [illegible] طريقتين للاستقطاب : أولاً : الاستقطاب بالامتصاص الانتقائي : مثل (بلورة التورمالين) .
ثانياً : الاستقطاب بالانعكاس : ويمكن الحصول على ضوء مستقطب عند سقوطه بزاوية بروستر على وسط شفاف . [illegible] $\tan\theta = n$

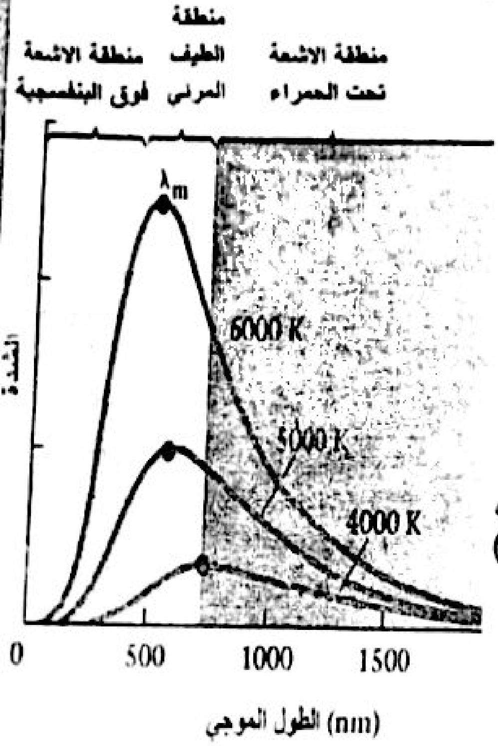
يستطار الضوء عند سقوطه ضوء الشمس على جزيئات الهواء التي أقطارها تبلغ d إذ ان ($d \leq \lambda$) للضوء المرئي λ بين 400 nm – 700 nm . وان شدة الضوء المستطار تتناسب عكسياً مع الأس الرابع للطول الموجي (شدة الاستطارة $\propto \frac{1}{\lambda^4}$)

فصل السادس

س / ما المقصود بالجسم الأسود وكيف يمكن تمثيله عملياً ؟

ج / الجسم الأسود : هو نظام مثالي يمتص جميع الاشعاعات الساقطة عليه (وهو ايضاً مشع عندما يكون مصدراً للأشعاع) . وكتقريب جيد يمكننا تمثيل الجسم الأسود عملياً بفتحة ضيقة داخل فجوة (أو جسم أجوف)

س / وضح برسم بياني النتائج العملية لتوزيع طاقة أشعاع الجسم الأسود كدالة للطول الموجي ولدرجات حرارية مطلقة مختلفة ؟ ثم بين اهم الملاحظات لهذا الرسم البياني ؟



ج / نلاحظ : 1 - المعدل الزمني للطاقة التي يشعها الجسم الأسود لوحدة المساحة (الشدة) تتناسب طرديا مع المساحة تحت المنحني . حيث ان هذه المساحة تتناسب طردياً مع الأس الرابع لدرجة الحرارة المطلقة (عدا الصفر المطلق) للأجسام السوداء ويعبر عن ذلك بقانون (ستيفان ـ بولتزمان) الذي يعطى على وفق العلاقة الآتية :

$$I = \sigma T^4$$

حيث ان : I يمثل شدة الإشعاع بوحدة ($\frac{W}{m^2}$) .

T تمثل درجة الحرارة المطلقة بوحدة الكلفن (K) .

σ يمثل ثابت ستيفان ـ بولتزمان $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2K^4}$

2 - ان ذروة التوزيع الموجي للإشعاع المنبعث من الجسم الأسود تنزاح نحو الطول الموجي الأقصر عند ارتفاع درجة الحرارة المطلقة (تناسب عكسي) ويسمى قانون (إزاحة فين) ويعطى على وفق العلاقة الآتية :

$$\lambda_m T = 2.898 \times 10^{-3}$$

حيث ان : λ_m يمثل الطول الموجي المقابل لذروة المنحني ويقاس بوحدة المتر (m) .

T تمثل درجة الحرارة المطلقة للجسم المشع ويقاس بوحدة الكلفن (K) .

س / ما تأثير زيادة درجة الحرارة على قابلية الاشعاع للجسم الأسود ؟

ج / تزداد شدة اشعاع الجسم الأسود كلما ارتفعت درجة حرارته .

س / لماذا فشلت الفيزياء الكلاسيكية في دراسة وتفسير الطيف الكهرومغناطيسي المنبعث من الجسم الأسود كدالة للطول الموجي عند درجة حرارة معينة ؟

ج / لان الفيزياء الكلاسيكية افترضت أن الطاقة المنبعثة هي مقادير مستمرة (غير محددة) اي بمقادير غير منفصلة بعضها عن بعض .

س / ما اقتراح العالم ماكس بلانك المتعلق بإشعاع وامتصاص الطاقة بالنسبة للجسم الأسود ؟

ج / اقترح ان الجسم الأسود يمكن ان يشع ويمتص طاقة على شكل كمات (quanta) محددة ومستقلة من الطاقة تعرف باسم الفوتونات (photons) وهذا يعني ان الطاقة مكماة . حيث تعطى طاقة الفوتون (E) من العلاقة الآتية :

$$E = hf$$

حيث ان : f هو تردد الفوتون . h ثابت بلانك وقيمته هي (6.63×10^{-34} J.s)

مثال 1

جد الطول الموجي المقابل لذروة الإشعاع المنبعث من جسم الانسان عندما تكون درجة حرارة جلده ($35^\circ C$) افترض ان جسم الإنسان يشع كجسم اسود ؟

الحل /

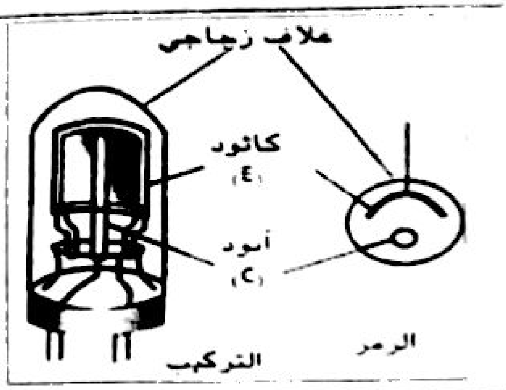
$T = 35 + 273 = 308$ K

$\lambda_m T = 2.898 \times 10^{-3}$

$$\lambda_m = \frac{2.898 \times 10^{-3}}{T} = \frac{2.898 \times 10^{-3}}{308} = 9.409 \times 10^{-6} \text{ m} = 9.409 \ \mu m$$

من المعروف أنه تنبعث من جميع الأجسام أشعة حرارية بشكل موجات كهرومغناطيسية إلى الوسط المحيط بها كما أنها تمتص أيضاً إشعاع حراري من هذا الوسط

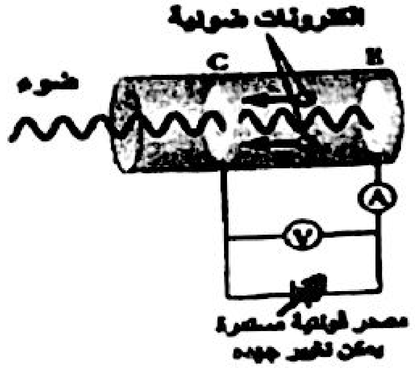
ولتوضيح الظاهرة الكهروضوئية نستعمل الخلية الكهروضوئية (photocell)، لاحظ شكل (4)، وهي أنبوبة مفرغة من الهواء لها نافذة شفافة (أو غلاف) من الزجاج أو الكوارتز (لكي تمرر الاشعة فوق البنفسجية زيادة على الضوء المرئي) وتحتوي على لوح معدني (E) يسمى باللوح الباعث للالكترونات او المهبط (كاثود)، الذي يتصل بالقطب السالب



س / وضح بتجربة الظاهرة الكهروضوئية ؟

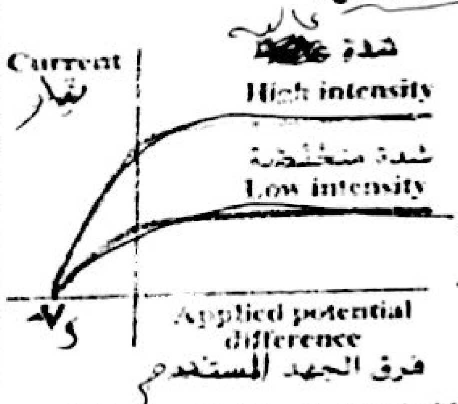
ج / نأخذ خلية كهروضوئية ، فولطميتر (V) ، اميتر (A) ، مصدر فولطية مستمرة يمكن تغيير جهده ، اسلاك توصيل ، مصدر ضوئي

العمل : 1 - نربط الدائرة الكهربائية كما موضح بالشكل المقابل .



2 - عند وضع الأنبوبة بظلام نلاحظ ان قراءة الاميتر تساوي صفرا اي لا يمر تيار في الدائرة الكهربائية ، وعند إضاءة اللوح الباعث للالكترونات بضوء ذي تردد مؤثر نلاحظ انحراف مؤشر الاميتر دلالة على مرور تيار كهربائي في الدائرة الكهربائية . ان هذا التيار يظهر نتيجة انبعاث الالكترونات الضوئية من اللوح الباعث (السالب) ليستقبلها اللوح الجامع (الموجب) فينساب التيار الكهروضوئي في الدائرة الكهربائية .

3 - عند زيادة الجهد الموجب للوح الجامع اي بزيادة فرق الجهد (ΔV) بين اللوحين الجامع والباعث نلاحظ زيادة التيار الكهروضوئي حتى يصل الى مقداره الأعظم الثابت وبذلك يكون المعدل الزمني للالكترونات الضوئية المنبعثة من اللوح الباعث والواصلة الى اللوح الجامع مقداراً ثابتاً فيسمى التيار المنساب في الدائرة الكهربائية في هذه الحالة بتيار الاشباع .



4 - عند زيادة شدة الضوء الساقط (لتردد معين مؤثر) فأننا نلاحظ زيادة تيار الاشباع . فمثلا عند مضاعفة شدة الضوء الساقط لتردد معين مؤثر ، فان تيار الاشباع يتضاعف

5 - عند عكس قطبية فولطية المصدر اي يكون اللوح الباعث موجباً واللوح الجامع سالباً و(ΔV) سالباً ، ففي هذه الحالة يهبط التيار تدريجياً الى قيم اقل لان معظم الالكترونات الضوئية سوف تتنافر مع اللوح الجامع السالب ، وتصل فقط الالكترونات الضوئية التي لها طاقة اكبر من القيمة ($e\ \Delta V$) الى اللوح الجامع . حيث ان (e) هي شحنة الالكترون .

6 - عند زيادة سالبية جهد اللوح الجامع تدريجياً فانه وعند قيمة جهد معين (V_s) . اي عندما ($\Delta V = -V_s$) فأننا نلاحظ ان تيار الدائرة يساوي صفراً .

ان هذا الجهد (V_s) يسمى جهد القطع او الايقاف ويمكن الملاحظة بالتجربة ان جهد الايقاف لا يعتمد على شدة الضوء الساقط .

س / ما هي الحقائق التي فشلت النظرية الموجية للضوء (الفيزياء الكلاسيكية) ولم تتمكن تفسيرها في الظاهرة الكهروضوئية ؟

ج / 1 - لا تنبعث الالكترونات الضوئية اذا كان تردد الضوء الساقط اقل من تردد العتبة (f_0) وهو اقل تردد يولد الانبعاث الكهروضوئي لذلك ، وهو يعد ايضا خاصية مميزة للمعدن المضاء ، اذ ان لكل معدن تردد عتبة خاصا به ان هذه الحقيقة لا تتفق مع النظرية الموجية والتي تتنبأ بان الظاهرة الكهروضوئية تحصل عند جميع الترددات بشرط ان تكون شدة الضوء الساقط عالية .

2 - الطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية المنبعثة (KE_{max}) لا تعتمد على شدة الضوء الساقط ولكن طبقا للنظرية الموجية فان الضوء ذا الشدة العالية يحمل طاقة اكثر للمعدن في الثانية الواحدة ولذلك فان الالكترونات الضوئية المنبعثة سوف تمتلك طاقة حركية اكبر

3 - الطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية المنبعثة تزداد بزيادة تردد الضوء الساقط .
بينما تتنبأ النظرية الموجية بأنه لا يوجد علاقة بين طاقة الالكترونات الضوئية المنبعثة وتردد الضوء الساقط .

4 - تنبعث الالكترونات الضوئية من سطح المعدن آنياً في اقل من (10^{-9} S) بعد اضاءة السطح حتى وان كانت شدة الضوء قليلة . ولكن حسب النظرية الموجية فان الالكترونات الضوئية تحتاج بعض الوقت حتى تمتص الضوء الساقط الى ان تكتسب طاقة حركية كافية لكي تهرب من المعدن .

تعطى الطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية المنبعثة بالعلاقة :

$$KE_{max} = \frac{1}{2} m v_{max}^2 = e V_s$$

س / هل نجح العالم اينشتاين في تفسير الظاهرة الكهروضوئية ؟ وضح ذلك ؟

ج / نعم . لأنه أعتمد في تفسيره على مبدأ بلانك وهو ان الموجات الكهرومغناطيسية هي مكماه (quantized) واقترح ان الضوء يعد كسيل من الفوتونات وكل فوتون له طاقة (E) تعطى بالعلاقة الآتية :

$$E = h f$$

وبما ان تردد الفوتون يعطى بالعلاقة الآتية :

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

وحسب تفسير اينشتين للظاهرة الكهروضوئية فأن الطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية المنبعثة (KE_{max}) تعطى بالعلاقة الآتية :

$$KE_{max} = \frac{1}{2} m v_{max}^2 = h f - w$$

حيث ان : $h f$: تمثل طاقة الضوء الساقط . w : تمثل دالة الشغل للمعدن .

س / ما المقصود بـ (دالة الشغل) للمعدن (w) ؟ وكيف يتم حسابها ؟ وما قيمتها ؟

ج / وهي اقل طاقة يرتبط بها الالكترون بالمعدن . ويتم حسابها من العلاقة :

$$w = h f_0$$

وقيمتها هي بحدود بضعة (الكترون – فولط) (eV) .

f_0 تردد العتبة

س/ كيف استطاع العالم اينشتاين أن يفسر الظاهرة الكهروضوئية والتي لم تستطع الفيزياء الكلاسيكية (النظرية الموجية) من تفسيرها .

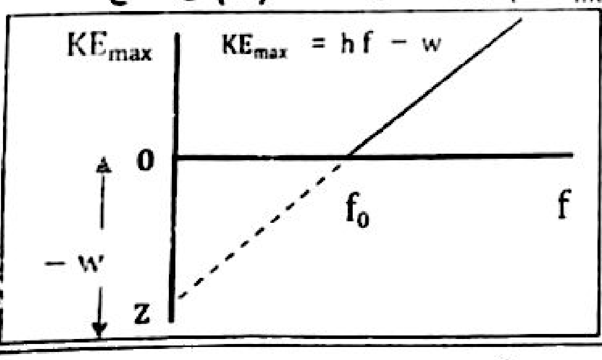
ج / لقد استطاع العالم اينشتين تفسيرها على وفق المعادلة الكهروضوئية مستنداً على نظرية الكم لبلانك وكما يأتي :

1 - لا تحصل الظاهرة الكهروضوئية اذا كان تردد الضوء الساقط اقل من تردد العتبة (f_0) . ولكي تحصل هذه الظاهرة يجب ان تكون طاقة الفوتون الساقط اكبر او يساوي دالة الشغل (w) . فالالكترون الضوئي يتحرر او ينبعث بوساطة امتصاص فوتون واحد فاذا كانت طاقة الفوتون الساقط لا تحقق هذا الشرط فان الالكترونات الضوئية لا تنبعث ولا تتحرر نهائيا من سطح المعدن مهما كانت شدة الضوء الساقط . وهذه الحقيقة تدعم وجود تردد العتبة . وفي حالة ان تكون طاقة الفوتون الساقط تساوي دالة الشغل للمعدن (او تردد الضوء الساقط يساوي تردد العتبة للمعدن) فان الالكترونات الضوئية فقط تتحرر من سطح المعدن من غير ان تكتسب طاقة حركية .

2 - من العلاقة : $KE_{max} = h f - w$ يمكن ملاحظة ان الطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية المنبعثة (KE_{max}) تعتمد فقط على تردد الضوء الساقط ودالة الشغل (او تردد العتبة) للمعدن . ولا تعتمد على شدة الضوء الساقط . لان امتصاص فوتون واحد يكون مسؤولا عن تغيير الطاقة الحركية للالكترون .

3 - بما ان العلاقة بين (KE_{max}) و (f) هي علاقة خطية حسب العلاقة : $KE_{max} = h f - w$ نلاحظ ان (KE_{max}) تتناسب طرديا مع تردد الضوء الساقط (f) . وتزداد الطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية المنبعثة (KE_{max}) بزيادة (f)

4 - تنبعث الالكترونات الضوئية من سطح المعدن لحظيا بغض النظر عن شدة الضوء الساقط . ومن الجدير بالذكر ان النتائج العملية التي اوضحت العلاقة الخطية بين الطاقة العظمى للالكترونات الضوئية المنبعثة (KE_{max}) وتردد الضوء الساقط (f) ان تقاطع الخط المستقيم مع الاحداثي السيني اي عندما ($KE_{max} = 0$) فانه يمثل قيمة تردد العتبة (f_0) فعند ترددات اقل من (f_0) لا تنبعث الكترونات ضوئية مهما كانت شدة الضوء الساقط . وكما موضح في الشكل المقابل . كما ان ميل الخط المستقيم فهو يمثل قيمة ثابت بلانك (h) واذا مد الخط المستقيم وقطع الاحداثي الصادي في نقطة مثل (z) . فان المقطع السالب للاحداثي الصادي يمثل قيمة دالة الشغل للمعدن .



ملاحظة

اذا كانت : 1 - $E > w$ يحدث إنبعاث كهروضوئي .

2 - $E < w$ لا يحدث انبعاث كهروضوئي . مهما زادت شدة الضوء الساقط .

3 - $E = w$ تتحرر الإلكترونات من سطح المعدن فقط دون ان تكتسب طاقة حركية ($f = f_0$)

س / ما المقصود بـ (طول موجة العتبة) (λ_0) ؟ وكيف يتم حسابه ؟

ج / هو أطول طول موجة يستطيع تحرير الالكترونات الضوئية من سطح معدن . ويمكن حسابه بالعلاقة الاتية :

$$\lambda_0 = \frac{c}{f_0} = \frac{hc}{w}$$

ملاحظة الأطوال الموجية الأطول من (λ_0) والساقطة على معدن يمتلك دالة شغل (w) لا تؤدي الى انبعاث الكترونات ضوئية

تطبيقات الظاهرة الكهروضوئية : من الاجهزة المستعملة في حياتنا اليومية والتي تعتمد على الظاهرة الكهروضوئية

ومن أمثلتها : 1 - في الخلية الكهروضوئية والتي بوساطتها يمكننا قياس شدة الضوء وتحويل الطاقة الضوئية الى طاقة كهربائية .
كما في الخلايا الشمسية المستعملة لاضاءة الشوارع .
2 - في كاميرات التصوير الرقمية .
3 - في اظهار تسجيل الموسيقى المصاحبة لصور الأفلام المتحركة السينمائية .

مثال 2

سقط ضوء طوله الموجي (300 nm) على معدن الصوديوم فاذا كانت دالة الشغل للصوديوم تساوي (2.46 eV) جد :
(a) الطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية المنبعثة بوحدة الجول (J) اولاً وبوحدة الالكترون - فولط (eV) ثانياً ؟
(b) طول موجة العتبة للصوديوم ؟ مع العلم بان ثابت بلانك يساوي (6.63×10^{-34} J.s)
وسرعة الضوء في الفراغ (3×10^{8} m/s) وكل ($1\ eV = 1.6 \times 10^{-19}$ J)

الحل /

(a) $$KE_{max} = hf - w$$

وبما أن $$f = \frac{c}{\lambda}$$

بتعويض العلاقة نحصل على :

$$KE_{max} = \frac{hc}{\lambda} - w$$

$$KE_{max} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{300 \times 10^{-9}} - 2.46 \times 1.6 \times 10^{-19}$$

بوحدة الجول

$$KE_{max} = 6.63 \times 10^{-19} - 3.936 \times 10^{-19} = 2.694 \times 10^{-19}\ J$$

بوحدة الالكترون - فولط (eV)

$$KE_{max} = \frac{2.694 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = 1.684\ eV$$

طول موجة العتبة للصوديوم

(b) $$\lambda_0 = \frac{hc}{w} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{2.46 \times 1.6 \times 10^{-19}} = 5.053 \times 10^{-7}\ m = 505.3\ nm$$

الجسيمات (الدقائق) والموجات :

س / ما هي الظواهر التي تبين ان الضوء يسلك سلوك الموجات ؟
ج / التداخل والحيود والاستقطاب . (درست في الفصل الخامس)

س / ما هي الظواهر التي تبين ان الضوء يسلك سلوك الجسيمات (فوتونات) ؟
ج / الظاهرة الكهروضوئية وظاهرة الاشعاع والامتصاص .

س / ما هي النظرة الحديثة لطبيعة الضوء ؟
ج / ان النظرة الحديثة لطبيعة الضوء تأخذ السلوك الثنائي (المزدوج) اي ان طاقة الاشعاع تنتقل بشكل فوتونات يقودها باتجاه سيرها مجال موجي . وفي حالة او ظرف معين يظهر الضوء اما الصفة الجسيمية او الصفة الموجية ولكن ليس كلاهما في ان واحد .
اي ان النظرية الجسيمية للضوء والنظرية الموجية للضوء تكمل بعضهما الآخر .

س / كيف يمكن رياضيا تفسير السلوك المزدوج للفوتون ؟ وزاري 2009

ج / ان طاقة الفوتون (E) تعطى على وفق العلاقة : $E = hf$

وبحسب معادلة اينشتاين في تكافؤ الكتلة (m) مع الطاقة (E) فان الطاقة (E) تعطى على وفق العلاقة : $E = mc^2$

ومن العلاقتين السابقتين يمكن الحصول على العلاقة الآتية : (سلوك الفوتون يسلك كما لو كانت له كتلة m) $m = \frac{hf}{c^2}$

بما ان زخم الفوتون (P) يعطى بالعلاقة الآتية : $P = mc$

وبما ان تردد الفوتون (f) يعطى بالعلاقة الآتية : $f = \frac{c}{\lambda}$

وبتعويض العلاقتين أعلاه في علاقة (سلوك الفوتون يسلك كما لو كانت له كتلة m) نحصل على : $\lambda = \frac{h}{mc}$ او $\lambda = \frac{h}{P}$

اي ان الطول الموجي المرافق للفوتون يتناسب عكسياً مع زخم الفوتون .

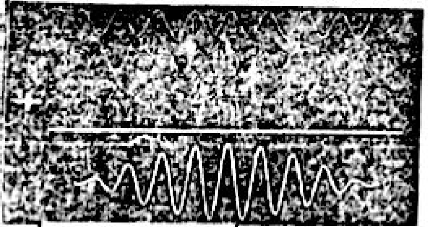
كما يمكن ان طاقة الفوتون (E) تعطى بالعلاقة الآتية : $E = \frac{hc}{\lambda}$

س / ما هي الفرضية التي افترضها العالم دي برولي ؟

ج / (في كل نظام ميكانيكي لا بد من وجود موجات ترافق (تصاحب) حركة الجسيمات المادية) .

س / ما هي الموجات المادية ؟

ج/ هي الموجات المرافقة (المصاحبة) لحركة اي جسيم مادي مثل الالكترون وهي ليست موجات ميكانيكية ولا موجات كهرومغناطيسية.



ومن التعريفين اعلاه : يدل ان الأجسام المادية مثل الالكترونات لها الطبيعة الازدواجية والثنائية مثل الضوء اي تملك سلوكا جسيمياً وسلوكا موجياً وبذلك يكون الالكترون مصحوبا بموجة مادية ويمثل الجسيم برزمة موجية اي موجة ذات مدى محدود في الفضاء ويمكن الحصول على الرزمة الموجية من إضافة موجات ذوات طول موجي مختلف قليلاً . كما موضح بالشكل المقابل

وقد افترض العالم دي برولي ان الطول الموجي للموجة المادية (λ) يرتبط بزخم الجسيم (P) ويعطى بالعلاقة : $\lambda = \frac{h}{P}$

فاذا كان جسيم ما كتلته m يتحرك بانطلاق مقداره V فان طول موجة دي برولي المرافقة للجسيم يعطى بالعلاقة : $\lambda = \frac{h}{mv}$

من العلاقة المقابلة تتضح الخاصية الازدواجية للمادة .

حيث ان : الجهة اليمنى من العلاقة تحتوي على مفهوم الجسيم [الكتلة (m) أو الزخم (mv)]

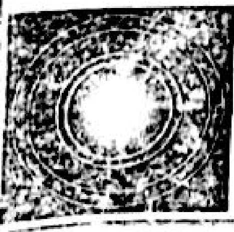
الجهة اليسرى من العلاقة تحتوي على مفهوم الموجة [الطول الموجي (λ)]

m m m m m m / λ λ λ λ λ λ

ملاحظة ان معادلة دي برولي تنطبق على جميع الأجسام في الكون من صغيرها مثل الالكترون الى كبيرها مثل الكواكب .

س / لا يمكن ملاحظة الطبيعة الموجية للأجسام الاعتيادية المتحركة في حياتنا اليومية في العالم البصري ، مثل سيارة متحركة ؟ لماذا ؟

ج / وذلك لان الطول الموجي المرافق او المصاحب لحركة الأجسام الاعتيادية المتحركة في حياتنا اليومية مثل السيارة المتحركة يكون من الصغر بحيث ان سلوكها الموجي مثل التداخل والحيود لا يمكن ملاحظته لان قيمة ثابت بلانك تكون صغيرة جداً وكتلة الجسم كبيرة نسبياً وبالتالي فان طول موجة دي برولي المرافقة له تكون صغيراً جداً ($\lambda = \frac{h}{mv}$) اي ان العلاقة عكسية ، مما يجعل الخصائص الموجية للأجسام الكبيرة نسبياً مهملة .



وفي العالم المجهري غير المرئي مثل الالكترونات والبروتونات والنيوترونات فان طول موجة دي برولي المرافق لهذه الجسيمات يمكن قياسه ودراسته .

والشكل المقابل يوضح نموذجاً للسلوك الموجي للالكترونات (حيود الالكترونات) .

مثال 3

جد طول موجة دي برولي المرافقة لكرة كتلتها (0.221 Kg) تتحرك بانطلاق مقداره (3 m / s) ؟
مع العلم بان ثابت بلانك يساوي (6.63×10^{-34} J.s) .

الحل / طول موجة دي برولي المرافق للكرة

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{0.221 \times 3} = 10^{-33} \ m$$

مثال 4

جد طول موجة دي برولي المرافقة لالكترون يتحرك بانطلاق مقداره (6×10^{6} m / s) مع العلم بان كتلة الالكترون تساوي (9.11×10^{-31} Kg) وثابت بلانك يساوي (6.63×01^{-34} J.s) ؟

الحل / طول موجة دي برولي المرافق للالكترون

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{9.11 \times 10^{-31} \times 6 \times 10^{6}} = 0.121 \times 10^{-9} \ m = 0.121 \ nm$$

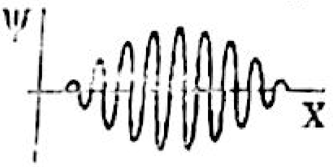
س / ما المقصود بـ (الميكانيك الكمي) ؟ وما المعادلة الأساسية في الميكانيك الكمي ؟
ج / هو فرع من فروع علم الفيزياء والذي يختص بدراسة حركة الأشياء والتي تأتي بحزم صغيرة جدا او كمات .
المعادلة الأساسية في الميكانيك الكمي هي معادلة شرودنكر

ملاحظات : 1 - المعادلة الأساسية في الميكانيك الكمي هي معادلة شرودنكر مثل ما تعد معادلة قانون نيوتن الثاني في الحركة هي المعادلة الأساسية في الميكانيك الكلاسيكي .
2 - الحاسوب والكاميرا الرقمية هذه الاجهزة تعمل على وفق قوانين الميكانيك الكمي .
3 - الحقيقة ان الكميات المتضمنة والتي يقوم بدراستها الميكانيك الكمي هي الاحتمالات بدلا من التأكيد الذي نجده في الميكانيك الكلاسيكي
4 - الميكانيك الكلاسيكي ليس الا صيغة تقريبية للميكانيك الكمي .

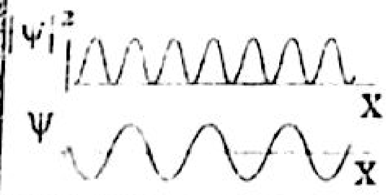
س / ما الكمية التي يهتم بدراستها الميكانيك الكمي ؟
ج / ان هذه الكمية تسمى دالة الموجة .

س / ما المقصود بـ (دالة الموجة) ؟ وما رمزها ؟
ج / هي الكمية التي تغيراتها تشكل الموجات المادية . وهي صيغة رياضية . ويرمز لها بالرمز (Ψ) . ويقرأ (بساي psi)

ملاحظات / 1 - ان الكمية المتغيرة دوريا في الموجات المائية هي ارتفاع سطح الماء وفي الموجات الصوتية هو ضغطها وفي الموجات الضوئية هي المجال الكهربائي والمجال المغناطيسي وفي الموجات المادية دالة الموجة (Ψ) .



2 - الشكل المقابل مثال لتغير دالة الموجة (Ψ) مع الاحداثي السيني ، اذ ان قيمة دالة الموجة المرافقة لجسيم متحرك في نقطة معينة في الفضاء ولزمن معين تتعلق باحتمالية (ارجحية) ايجاد الجسيم في ذلك المكان والزمان .



3 - الشكل المقابل مثال لدالة الموجة (Ψ) وكثافة الاحتمالية ($|\Psi|^2$) لجسيم . حيث ان كثافة الاحتمالية . اي الاحتمالية لوحدة الحجم ، لايجاد الجسيم الذي يوصف بدالة الموجة (Ψ) في نقطة معينة في الفضاء ولزمن معين تتناسب تناسبا طرديا مع قيمة $|\Psi|^2$ في ذلك المكان والزمان المعينين

س / علام تدل :
1 - قيمة كبيرة الى $|\Psi|^2$ لجسيم في مكان وزمان معينين ؟ ج / تعني احتمالية كبيرة لوجود الجسيم في المكان والزمان المعينين .
2 - قيمة صغيرة الى $|\Psi|^2$ لجسيم في مكان وزمان معينين ؟ ج / تعني احتمالية صغيرة لوجود الجسيم في المكان والزمان المعينين .
3 - قيمة $|\Psi|^2$ لا تساوي صفرا في مكان ما ؟ ج / تعني احتمال معين لوجود الجسيم في ذلك الموقع .

ملاحظة / ان أول من قدم التفسير لقيمة $|\Psi|^2$ كان من قبل العالم بورن وذلك في عام (1927) .

س / على ماذا ينص مبدأ اللادقة (او اللايقين) ؟ ومن العالم الذي قدم هذه الفكرة ؟ وما العلاقة التي يعطى بها مبدأ اللادقة ؟

ج / ينص على : من المستحيل ان نقيس آنياً (في الوقت نفسه) الموضع بالضبط وكذلك الزخم الخطي بالضبط لجسيم .

وأول من قدم هذه الفكرة هو العالم (هايزنبرك) في عام (1927) .

مبدأ اللادقة يعطى بالعلاقة التالية :

$$\Delta x \ \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$$

حيث ان : Δx تمثل اللادقة في قياس موضع الجسيم .

Δp تمثل اللادقة في قياس زخم الجسيم .

h يمثل ثابت بلانك .

ملاحظات

1 - تعد اللادقة (Δx) على انه الخطأ في موضع الجسيم واللادقة (Δp) على انه الخطأ في زخم الجسيم .

2 - من علاقة مبدأ اللادقة لهايزنبرك فانه كلما كانت قيمة Δx صغيرة كانت قيمة Δp كبيرة والعكس صحيح . (تناسب عكسي) فكلما ارتفعت دقة قياس احدى هاتين الكميتين كلما قل ما نعرفه عن الكمية الاخرى .

3 - وكما هو معروف فأن مقدار زخم الجسيم (p) يعطى بالعلاقة : $p = m v$

وان اللادقة في زخم الجسيم (Δp) تعطى بالعلاقة :

$$\Delta p = m \Delta v$$

حيث ان (Δv) تمثل اللادقة في قياس انطلاق الجسيم (او الخطأ في انطلاق الجسيم) .

4 - يمكن الحصول على اقل (ادنى) لادقة لإحدى الكميتين (Δx) او (Δp) في علاقة مبدأ اللادقة عند جعل حاصل ضرب هاتين الكميتين مساويا لـ ($\frac{h}{4\pi}$) اي ان :

$$\Delta x \ \Delta p = \frac{h}{4\pi}$$

5 - ان مبدأ اللادقة يضع حدوداً لدقة قياس موضع وزخم جسيم آنياً . والتي هي ليست حدوداً ناجمة بسبب الأجهزة المستعملة او طرائق القياس ، فأن هذه الحدود حدوداً أساسية تفرض من الطبيعة ولا يوجد سبيل للتغلب عليها .

س / فسر عدم ملاحظتنا لمبدأ اللادقة في حياتنا ومشاهدتنا اليومية الاعتيادية في العالم البصري . مثلا لكرة قدم متحركة ؟

ج / ان عدم ملاحظتنا لمبدأ اللادقة ($\Delta x \ \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$) في حياتنا ومشاهدتنا اليومية الاعتيادية في العالم البصري هو بسبب القيمة الصغيرة جداً لثابت بلانك (6.63×10^{-34} J.s) .

مثال 5

اذا كانت اللادقة في زخم كرة تساوي (2×10^{-3} Kg . $\frac{m}{s}$) جد اللادقة في موضع الكرة ؟

مع العلم بان ثابت بلانك يساوي (6.63×10^{-34} J.s) .

الحل /

$$\Delta x \ \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$$

$$\Delta x \geq \frac{h}{4\pi \ \Delta p}$$

$$\Delta x \geq \frac{6.63 \times 10^{-34}}{4 \times 3.14 \times 2 \times 10^{-3}}$$

اللادقة في موضع الكرة $\Delta x \geq 2.639 \times 10^{-32}$ m or 0.2639×10^{-31} m

وهذه القيمة هي صغيرة جداً وبالحقيقة لا يمكن قياسها عملياً .

مثال 6

قيس انطلاق الكترون فوجد بانه يساوي (6×10^3 m / s) فاذا كان الخطأ في انطلاقه يساوي (0.003 %) من انطلاقه الأصلي . جد اقل لادقة في موضع هذا الالكترون ؟
مع العلم بان كتلة الالكترون تساوي (9.11×10^{-31} Kg) وثابت بلانك يساوي (6.63×10^{-34} J . s) .

الحل /

$$\Delta x \, \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$$

$$\Delta x \geq \frac{h}{4\pi \, \Delta p} \quad \ldots\ldots (1)$$

$$\Delta p = m \Delta v \quad \ldots\ldots (2)$$

$$\Delta v = \frac{0.003}{100} \times 6 \times 10^3 = 0.18 \ m/s$$ نعوضها في العلاقة (2)

$$\Delta p = 9.11 \times 10^{-31} \times 0.18 = 1.64 \times 10^{-31} \ Kg . \frac{m}{s}$$

$$\Delta x = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{4 \times 3.14 \times 1.64 \times 10^{-31}} = 3.219 \times 10^{-4} \ m$$ وهي اقل لادقة في موضع الالكترون

مثال 7

اذا كانت اللادقة في زخم تساوي (3.5×10^{-24} Kg . $\frac{m}{s}$) ، جد اللادقة في موضع الالكترون ؟
مع العلم بان ثابت بلانك يساوي (6.63×10^{-34} J . s) .

الحل /

$$\Delta x \, \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$$

$$\Delta x \geq \frac{h}{4\pi \, \Delta p}$$

$$\Delta x \geq \frac{6.63 \times 10^{-34}}{4 \times 3.14 \times 3.5 \times 10^{-24}}$$

$$\Delta x \geq 1.508 \times 10^{-11} \ m$$ وهي اللادقة في موضع الالكترون

خلاصة الفصل السادس

خلاصة الفصل السادس

في الفصل الخامس درسنا الظواهر التداخل والحيود والاستقطاب والتي تبين ان الضوء يمتلك سلوك الموجات . اما في الفصل السادس ندرس الظواهر اشعاع الجسم الاسود والظاهرة الكهروضوئية وظاهرة الاشعاع والامتصاص والتي تبين ان الضوء يملك سلوك الجسيمات (فوتونات) .

الجسم الأسود : هو نظام مثالي يمتص جميع الإشعاعات الساقطة عليه ومشع مثالي عندما يكون مصدراً للإشعاع . ويمكن تمثيله عملياً بفتحة ضيقة داخل فجوة (او جسم أجوف) . تعتمد الأشعة المنبعثة منه على درجة الحرارة المطلقة لجدران الفجوة فقط .

وتكون الشدة تتناسب طردياً مع الأس الرابع لدرجة الحرارة المطلقة (عدا الصفر المطلق) للأجسام السوداء ويعبرعن ذلك بقانون (ستيفان ـ بولتزمان) ويعطى بالعلاقة $I = \sigma T^4$

والطول الموجي يتناسب عكسي مع درجة الحرارة المطلقة ويسمى قانون (إزاحة فين) ويعطى بالعلاقة $\lambda_m T = 2.898 \times 10^{-3}$

حيث فشلت الفيزياء الكلاسيكية في دراسة وتفسير الطيف الكهرومغناطيسي المنبعث من الجسم الأسود لانها افترضت أن الطاقة المنبعثة من الجسم الأسود هي مقادير مستمرة .

ونجح العالم ماكس بلانك في تفسير الجسم الأسود لانه اقترح ان الجسم الأسود يمكن ان يشع ويمتص طاقة على شكل كمات محددة ومستقلة من الطاقة تعرف باسم الفوتونات وهذا يعني ان الطاقة مكماة . وطاقة الفوتون (E) تعطى بالعلاقة $E = hf$

الظاهرة الكهروضونية : هي ظاهرة انبعاث الالكترونات من سطوح معادن معينة عند سقوط عليها ضوء ذو تردد معين مؤثر . والالكترونات المنبعثة تسمى بالالكترونات الضوئية . وأول من لاحظ هذه الظاهرة هو العالم هيرتز (Hertz)

وتعطى الطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية المنبعثة بالعلاقة :

$$KE_{max} = \frac{1}{2} m v_{max}^2 = e V_s$$

وقد نجح العالم اينشتين في تفسير الظاهرة الكهروضوئية لأنه أعتمد في تفسيره على مبدأ ماكس بلانك وهوان الموجات الكهرومغناطيسية هي مكماة واقترح ان الضوء يعد كسيل من الفوتونات . وحسب تفسير اينشتين للظاهرة الكهروضوئية فأن :

الطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية المنبعثة (KE_{max}) تعطى بالعلاقة

$$KE_{max} = \frac{1}{2} m v_{max}^2 = hf - w$$

حيث ان (w) تمثل دالة الشغل للمعدن : وهي اقل طاقة يرتبط بها الالكترون بالمعدن . ويتم حسابها من العلاقة : $w = hf_0$

فاذا كانت :

- $E > w$ او $f > f_0$ يحدث انبعاث كهروضوئي .
- $E < w$ او $f < f_0$ لا يحدث انبعاث كهروضوئي . مهما زادت شدة الضوء الساقط .
- $E = w$ او $f = f_0$ تتحرر الالكترونات من سطح المعدن فقط دون ان تكتسب طاقة حركية .

تردد العتبة (f_0) : هو اقل تردد للضوء الساقط يستطيع تحرير الالكترونات الضوئية من سطح معدن . $f_0 = \frac{w}{h}$

طول موجة العتبة (λ_0) : هو أطول موجة يستطيع تحرير الالكترونات الضوئية من سطح معدن . $\lambda_0 = \frac{c}{f_0} = \frac{hc}{w}$

من خلال دراستنا فان هناك ظواهر تبين ان الضوء يسلك سلوك الموجات وهناك ظواهر أخرى تبين انه يسلك سلوك الجسيمات فوتونات .

فان النظرة الحديثة لطبيعة الضوء تأخذ السلوك الثنائي (المزدوج) اي ان طاقة الاشعاع تنتقل بشكل فوتونات يقودها باتجاه سيرها مجال موجي . وفي حالة او ظرف معين يظهر الضوء اما الصفة الجسيمية او الصفة الموجية ولكن ليس كلاهما في ان واحد . اي ان النظرية الجسيمية للضوء والنظرية الموجية للضوء يكمل بعضهما الآخر .

ويمكن رياضيا تفسير السلوك المزدوج للفوتون بالعلاقة الآتية : $\lambda = \frac{h}{mc}$ او $\lambda = \frac{h}{P}$

حيث ان : الجهة اليمنى من العلاقة تحتوي على مفهوم الجسيم [الكتلة (m) أو الزخم (mc)]

الجهة اليسرى من العلاقة تحتوي على مفهوم الموجة [الطول الموجي (λ)]

وهناك فرضية افترضها العالم دي بroلي وتنص : في كل نظام ميكانيكي لا بد من وجود موجات ترافق تصاحب حركة الجسيمات المادية .

الموجات المادية هي الموجات المرافقة لحركة اي جسيم مادي مثل الالكترون وهي ليست موجات ميكانيكية ولاموجات كهرومغناطيسية

وقد افترض العالم دي برولي ان الطول الموجي للموجة المادية (λ) يعطى بالعلاقة : $= \frac{h}{m\upsilon}$ او $\lambda = \frac{h}{P}$

ان معادلة دي برولي تنطبق على جميع الأجسام المادية في الكون من صغيرها مثل الالكترون الى كبيرها مثل الكواكب لها الطبيعية الازدواجية والثنائية مثل الضوء اي تسلك سلوكا جسيمياً وسلوكا موجياً .

ويمكن ملاحظة السلوك الموجي مثل التداخل والحيود للجسيمات الذرية والنووية (اي في العالم المجهري غير المرئي) ولا يمكن ملاحظة هذا السلوك الموجي للاجسام الاعتيادية (مثل كرة قدم متحركة و سيارة متحركة) ، لان قيمة ثابت بلانك تكون صغيرة جداً ، والكتلة تكون كبيرة نسبياً (او الزخم كبير نسبياً) للاجسام الاعتيادية فيكون طول موجة دي برولي صغيراً جداً لان التناسب عكسياً بين ($\lambda \propto \frac{1}{m}$) حسب العلاقة : $\lambda = \frac{h}{mv}$. لذلك تهمل الخواص الموجية للأجسام الكبيرة نسبياً .

الميكانيك الكمي : هو فرع من فروع علم الفيزياء والذي يختص بدراسة حركة الأشياء والتي تأتي بحزم صغيرة جدا او كمات .

المعادلة الأساسية في الميكانيك الكمي هي معادلة شرودنكر . حيث ان الكمية التي يهتم بدراستها الميكانيك الكمي

تسمى دالة الموجة (Ψ) : وهي الكمية التي تغيراتها تشكل الموجات المادية . وهي صيغة رياضية

فاذا كانت قيمة كبيرة الى $|\Psi|^2$ لجسيم في مكان وزمان معينين : تعني احتمالية كبيرة لوجود الجسيم في المكان والزمان المعينين .

واذا كانت قيمة صغيرة الى $|\Psi|^2$ لجسيم في مكان وزمان معينين : تعني احتمالية صغيرة لوجود الجسيم في المكان والزمان المعينين .

واذا كانت قيمة $|\Psi|^2$ لا تساوي صفرا في مكان ما : تعني احتمال معين لوجود الجسيم في ذلك الموقع .

مبدأ اللادقة او اللايقين للعالم (هايزنبرك): ينص على انه من المستحيل ان نقيس آنياً (في الوقت نفسه) الموضع بالضبط وكذلك الزخم الخطي بالضبط لجسيم . ومبدأ اللادقة يعطى بالعلاقة :

$$\Delta x \; \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$$

تعد اللادقة (Δx) على انه الخطأ في موضع الجسيم واللادقة (Δp) على انه الخطأ في زخم الجسيم . والتناسب عكسي بينهما فكلما ارتفعت دقة قياس احدى هاتين الكميتين كلما قل ما نعرفه عن الكمية الاخرى .

وان اللادقة في زخم الجسيم (Δp) تعطى بالعلاقة : $\Delta p = m \Delta\upsilon$ حيث ان ($\Delta\upsilon$) تمثل اللادقة في انطلاق الجسيم .

ان مبدأ اللادقة يضع حدوداً لدقة قياس موضع وزخم جسيم آنياً والتي هي ليست حدوداً ناجمة بسبب الأجهزة المستعملة او طرائق القياس فان هذه الحدود حدوداً أساسية تفرض من الطبيعة ولا يوجد سبيل للتغلب عليها . ولا يمكن ملاحظة مبدا اللادقة في حياتنا ومشاهدتنا اليومية الاعتيادية في العالم البصري . مثلا لكرة قدم متحركة ، لان قيمة ثابت بلانك تكون صغيرة جداً .

حل اسئلة الفصل السادس

1 اختر العبارة الصحيحة لكل من العبارات الآتية :

1 - عند ارتفاع درجة الحرارة المطلقة فان ذروة التوزيع الموجي للاشعاع المنبعث من الجسم الاسود تنزاح نحو :

(a) الطول الموجي الاطول . **(b)** الطول الموجي الأقصر .
(c) التردد الاقصر . (d) ولا واحدة منها .

2 - العبارة (في كل نظام ميكانيكي لا بد من وجود موجات ترافق (تصاحب) حركة الجسيمات المادية) هي تعبير عن :

(a) مبدأ اللادقة لـ هايزنبرك . (b) اقتراح بلانك .
(c) قانون لينز . **(d)** فرضية دي برولي .

3 - يمكن فهم الظاهرة الكهروضوئية على اساس :

(a) النظرية الكهرومغناطيسية (b) تداخل الموجات الضوئية
(c) حيود الموجات الضوئية **(d)** ولا واحدة منها

4 - إحدى الظواهر التالية تعد احد الأدلة التي تؤكد ان للضوء سلوكا جسيمياً :

(a) الحيود . **(b)** الظاهرة الكهروضوئية .
(c) الاستقطاب . (d) التداخل .

5 - افتراض انه قيس موضع جسيم بدقة تامة اي ان ($\Delta x = 0$) فان اقل لادقة في زخم هذا الجسيم تساوي :

(a) $\frac{h}{4\pi}$ (b) $\frac{h}{2\pi}$
(c) ما لا نهاية (d) صفر

6 - اذا كان طول موجة دي برولي المرافقة لجسيم كتلته (m) هو (λ) فان الطاقة الحركية للجسيم تساوي :

(a) $\frac{2mh^2}{\lambda^2}$ (b) $\frac{\lambda^2}{2mh^2}$
(c) $\frac{h}{2m\lambda}$ **(d)** $\frac{h^2}{2m\lambda^2}$

7 - عند مضاعفة شدة الضوء الساقط بتردد معين مؤثر على سطح معدن معين يتضاعف مقدار :

(a) الطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضوئية المنبعثة .
(b) جهد الايقاف . (c) زخم الفوتون . **(d)** تيار الاشباع .

8 - كثافة الاحتمالية لايجاد الجسيم في نقطة ولحظة معينتين تتناسب

(a) طرديا مع $|\Psi|^2$ (b) عكسيا مع $|\Psi|^2$
(c) طرديا مع $|\Psi|$ (d) عكسيا مع $|\Psi|$

9 - اذا كان طول موجة دي برولي المرافقة لالكترون كتلته m يتحرك بانطلاق مقداره (v) يساوي (λ) فاذا انخفض انطلاقه الى ($\frac{v}{2}$) فان طول موجة دي برولي المرافقة له تصبح :

(a) 4λ **(b)** 2λ
(c) $\frac{\lambda}{4}$ (d) $\frac{\lambda}{2}$

توضيح : ($\lambda_2 = 2\lambda_1$) $\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{1/2\ v_1}{v_1} = \frac{1}{2}$

10 - العبارة (من المستحيل ان نقيس آنيا في الوقت نفسه الموضع بالضبط وكذلك الزخم الخطي بالضبط لجسيم) هي تعبير عن :

(a) قانون فاراداي . (b) قانون ازاحة فين .
(c) قانون ستيفان ـ بولتزمان . **(d)** مبدأ اللادقة لـ هايزنبرك .

11 - الموجات المرافقة لحركة جسيم مثل الالكترون هي :

(a) موجات ميكانيكية طويلة . (b) موجات ميكانيكية مستعرضة .
(c) موجات كهرومغناطيسية . **(d)** موجات مادية .

2 ماذا يقصد بالجسم الأسود وكيف يمكننا تمثيله عملياً ؟ الجواب / في صفحة (1)

3 لماذا فشلت المحاولات العديدة لدراسة وتفسير الطيف الكهرومغناطيسي المنبعث من الجسم الاسود كدالة للطول الموجي عند درجة حرارة معينة وفقا لقوانين الفيزياء الكلاسيكية ؟ الجواب / في صفحة (1)

4 ما اقتراح العالم بلانك والمتعلق بإشعاع وامتصاص الطاقة بالنسبة للجسم الأسود ؟ الجواب / في صفحة (1)

5 ما المقصود بكل مما يأتي :

الميكانيك الكمي : هو فرع من فروع علم الفيزياء والذي هو يختص بدراسة حركة الأشياء والتي تأتي بحزم صغيرة جدا او كمات .

تردد العتبة لمعدن : هو اقل تردد يولد الانبعاث الكهروضوني لذلك المعدن وهو يعد خاصية مميزة للمعدن المضاء ، اذ ان لكل معدن تردد عتبة خاصاً به . رمزه (f_0)

دالة الشغل لمعدن : وهي اقل طاقة يرتبط بها الالكترون بالمعدن . وتعطى بالعلاقة : $w = h f_0$

6 علام تدل : (a) قيمة كبيرة الى $|\psi|^2$ لجسيم في مكان وزمان معينين ؟

(b) قيمة صغيرة الى $|\psi|^2$ لجسيم في مكان وزمان معينين ؟ (اذ ان (ψ) تمثل الموجة للجسيم)

الجواب / في صفحة (6)

7 علل : عادة يفضل استعمال خلية كهروضونية نافذتها من الكوارتز بدلاً من الزجاج في تجربة الظاهرة الكهروضونية ؟

ج / وذلك لكي تمرر النافذة المصنوعة من الكوارتز الأشعة فوق البنفسجية زيادة على الضوء المرئي .
وبذلك يكون مدى الترددات المستعملة في التجربة أوسع .

8 أيسلك الضوء سلوك الجسيمات ام يسلك سلوك الموجات ؟

ج / ان بعض التجارب يمكن تفسيرها عند سلوك الضوء سلوك الجسيمات أي ان الضوء يظهر صفة جسيمية .
والبعض الآخر يمكن تفسيرها عند سلوك الضوء سلوك الموجات أي ان الضوء يظهر صفة موجية .
فالضوء الذي يمكنه اخراج الالكترونات من المعادن كما في الظاهرة الكهروضونية بمعنى ان الضوء يسلك سلوك الجسيمات .
فان نفس هذا الضوء يمكن ان يحدث حيوداً بمعنى ان الضوء يسلك سلوك الموجات .

9 ما النظرة الحديثة لطبيعة الضوء ؟ الجواب / في صفحة (4)

10 لا يمكن ملاحظة الطبيعة الموجبة للأجسام الاعتيادية المتحركة في حياتنا اليومية في العالم البصري ، مثل سيارة متحركة ؟ لماذا ؟

الجواب / في صفحة (5)

11 سقط ضوء طاقته تساوي (5 eV) على معدن الالمنيوم فانبعثت الكترونات ضونية . وعند سقوط الضوء نفسه على معدن البلاتين لم تنبعث الكترونات ضونية . فسر ذلك اذا علمت ان دالة الشغل لمعدن الالمنيوم تساوي (4.08 eV) ودالة الشغل لمعدن البلاتين تساوي (6.35 eV)

ج / في حالة معدن الالمنيوم : انبعثت الكترونات ضونية لان طاقة فوتون الضوء الساقط اكبر من دالة الشغل للالمنيوم ($E > w$) .
وتكون الطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضونية المنبعثة تساوي : $KE_{max} = E - w = 5 - 4.08 = 0.92\ eV$

في حالة معدن البلاتين : فلا تنبعث الكترونات ضونية لان طاقة فوتون الضوء الساقط اقل من دالة الشغل للبلاتين ($E < w$) .
وتكون الطاقة الحركية العظمى للالكترونات الضونية المنبعثة تساوي : $KE_{max} = E - w = 5 - 6.35 = -1.35\ eV$

12 ما الكمية التي يهتم بدراستها الميكانيك الكمي . وماذا يقصد بها ؟ الجواب / في صفحة (6)

13 فسر عدم ملاحظتنا لمبدا اللادقة في حياتنا ومشاهدتنا اليومية الاعتيادية في العالم البصري . مثلا لكرة قدم متحركة ؟

الجواب / في صفحة (7)

14 عند سقوط أشعة فوق البنفسجية على القرص المعدني لكشاف كهربائي مشحون بشحنة سالبة فإننا نلاحظ انطباق ورقتيه اولاً وباستمرار سقوط هذه الأشعة على القرص المعدني نلاحظ انفراج ورقتيه مرة اخرى بين سبب ذلك اذا علمت ان طاقة الأشعة فوق البنفسجية الساقطة هي اكبر من دالة الشغل المعدن المصنوع منه القرص .

ج / بما ان طاقة فوتون الأشعة فوق البنفسجية الساقطة هي اكبر من دالة الشغل المعدن المصنوع منه قرص الكشاف الكهربائي فالتالي فانه يمتلك طاقة تمكنه من انبعاث الالكترونات الضونية (السالبة الشحنة) من قرص الكشاف الكهربائي بوساطة الظاهرة الكهروضونية وبذلك سوف تقل شحنة الكشاف الكهربائي السالبة تدريجياً حتى تنتهي بالكامل وعندها يصبح الكشاف الكهربائي متعادلاً فتنطبق ورقتاه .
وباستمرار سقوط الأشعة فوق البنفسجية تستمر الظاهرة الكهروضونية بالحدوث ويستمر انبعاث الالكترونات الضونية من معدن القرص فتصبح شحنة معدن القرص في هذه الحالة موجبة وذلك لفقدانها عدد من الكترونات معدن القرص وبالتالي سوف تنفرج الورقتان مرة أخرى لشحنهما بشحنة موجبة هذه المرة (أي تتنافر الورقتان) .

حل مسائل الفصل السادس

استفد : ثابت بلانك = (6.63×10^{-34} J.s)　　كتلة الالكترون = (9.11×10^{-31} Kg)

شحنة الالكترون = (1.6×10^{-19} C)　　$1\ eV = 1.6 \times 10^{-19}$ J

سرعة الضوء في الفراغ ($C = 3 \times 10^{8}$ m / s)

1 اذا علمت ان الطول الموجي المقابل لذروة الاشعاع المنبعث من نجم بعيد تساوي (480 nm) . فما درجة حرارة سطحه ؟ اعتبر النجم يشع كجسم اسود ؟

الحل /

$$\lambda_m T = 2.898 \times 10^{-3} \Rightarrow T = \frac{2.898 \times 10^{-3}}{\lambda_m} = \frac{2.898 \times 10^{-3}}{480 \times 10^{-9}} = 6037.5\ K$$

2 افتراض ان ثابت بلانك أصبحت قيمته تساوي (66 J.s) كم سيكون طول موجة دي برولي المرافقة لشخص كتلته (80 kg) ويجري بانطلاق مقداره (1.1 m / s) ؟

الحل /

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{66}{80 \times 1.1} = 0.75\ m$$

3 فوتون طوله الموجي (3 nm) احسب مقدار زخمه ؟

الحل /

$$\text{زخم الفوتون}\ p = \frac{h}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{3 \times 10^{-9}} = 2.21 \times 10^{-25}\ kg.m/s$$

4 سقط ضوء طول موجته تساوي (300 nm) على سطح معدن فاذا كان طول موجة العتبة لهذا المعدن يساوي (500 nm) . جد جهد القطع اللازم لايقاف الالكترونات الضوئية المنبعثة ذات الطاقة الحركية العظمى ؟

الحل /

$$w = \frac{hc}{\lambda_0} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{500 \times 10^{-9}} = 3.978 \times 10^{-19}\ J$$

$$KE_{max} = hf - w$$

وبما أن

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

$$KE_{max} = \frac{hc}{\lambda} - w$$

$$KE_{max} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{300 \times 10^{-9}} - 3.978 \times 10^{-19} = 2.652 \times 10^{-19}\ J$$

$$KE_{max} = eV_s$$

$$2.652 \times 10^{-19} = 1.6 \times 10^{-19} \times V_s \Rightarrow V_s = 1.6575\ v$$

5 يتوقف تحرير الالكترونات الضوئية من سطح معدن عندما يزيد طول موجة الضوء الساقط عليه عن (600 nm) فاذا أضيء سطح المعدن نفسه بضوء طول موجته (300 nm) فما الطاقة الحركية العظمى التي تنبعث بها الالكترونات الضوئية من سطح المعدن مقدره بوحدة الجول (J) اولاً ووحدة الالكترون – فولط (eV) ثانياً ؟

الحل /

$$w = \frac{hc}{\lambda_0} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{600 \times 10^{-9}} = 3.315 \times 10^{-19}\ J$$

$$KE_{max} = hf - w$$

وبما ان $f = \frac{c}{\lambda}$

$$KE_{max} = \frac{hc}{\lambda} - w$$

بوحدة الجول

$$KE_{max} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{300 \times 10^{-9}} - 3.315 \times 10^{-19} = 3.315 \times 10^{-19}\ J$$

بوحدة الالكترون - فولط (eV)

$$KE_{max} = \frac{3.315 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = 2.0718\ eV$$

---

6 سقط ضوء طول موجته يساوي (10^{-7} m) على سطح مادة دالة شغله تساوي (1.67×10^{-19} J) فانبعثت الكترونات ضوئية من السطح . جد : (a) الانطلاق الاعظم للالكترونات الضوئية المنبعثة من سطح المادة ؟ (b) طول موجة دي برولي المرافقة للالكترونات الضوئية المنبعثة ذات الانطلاق الاعظم ؟

الحل /

(a) $KE_{max} = hf - w$ ⟹ $\frac{1}{2} m v^2 = \frac{hc}{\lambda} - w$

$$\frac{1}{2} \times 9.11 \times 10^{-31} \times v_{max}^2 = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{10^{-7}} - 1.67 \times 10^{-19}$$

$$\frac{1}{2} \times 9.11 \times 10^{-31} \times v_{max}^2 = 18.22 \times 10^{-19} \Rightarrow v_{max}^2 = 4 \times 10^{12} \Rightarrow v_{max} = 2 \times 10^{6}\ m/s$$

(b) $$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{9.11 \times 10^{-31} \times 2 \times 10^{6}} = 0.363 \times 10^{-9}\ m = 0.363\ nm$$

---

7 سقط ضوء تردده (0.6×10^{15} Hz) على سطح معدن فوجد ان جهد الايقاف للالكترونات الضوئية المنبعثة ذات الطاقة الحركية العظمى يساوي (0.18 v) وعندما سقط ضوء تردده (1.6×10^{15} Hz) على نفس سطح المعدن وجد ان جهد الايقاف يساوي (4.324 v) . جد قيمة ثابت بلانك ؟

الحل /

$$KE_{max} = eV_s \quad ...... (1)$$

$$KE_{max} = hf - w \quad ...... (2)$$

وبتعويض العلاقة (2) في (1) نحصل على :

$$eV_s = hf - w$$

للضوء الاول : $eV_{s1} = hf_1 - w \quad ...... (4)$

للضوء الثاني : $eV_{s2} = hf_2 - w \quad ...... (5)$

وبما ان الضوء الاول والثاني سقطا على نفس المعدن اذن دالة الشغل هي نفسها لم تتغير وبطرح العلاقة 4 من العلاقة 5 نحصل على :

$$eV_{s2} - eV_{s1} = hf_2 - hf_1 \Rightarrow e(V_{s2} - V_{s1}) = h(f_2 - f_1)$$

$$h = \frac{e(V_{s1} - V_{s2})}{(f_1 - f_2)} = \frac{1.6 \times 10^{-19}(4.324 - 0.18)}{1.6 \times 10^{15} - 0.6 \times 10^{15}} = \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 4.144}{1 \times 10^{15}}$$

$$h = 6.6304 \times 10^{-34}\ J.s$$

8 جد طول موجة دي برولي المرافقة لالكترون تم تعجيله خلال فرق جهد مقداره (100 v) ؟

الحل /

$$KE_e = eV \Rightarrow \frac{1}{2} m_e v^2 = eV$$

$$\frac{1}{2} \times 9.11 \times 10^{-31} \times v^2 = 1.67 \times 10^{-19} \times 100 \Rightarrow v^2 = \frac{2 \times 1.67 \times 10^{-19} \times 100}{9.11 \times 10^{-31}}$$

$$v^2 = 0.36 \times 10^{14} \Rightarrow v = 0.6 \times 10^7 = 6 \times 10^6 \ m/s$$

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{9.11 \times 10^{-31} \times 6 \times 10^6} = 0.121 \times 10^{-9} \ m = 0.121 \ nm$$

9 يتحرك الكترون بانطلاق مقداره (663 m / s) جد : (a) طول موجة دي برولي المرافقة للالكترون ؟
(b) اقل خطأ في موضع الالكترون اذا كان الخطأ في انطلاقه يساوي (0.05 %) من انطلاقه الأصلي ؟

الحل /

(a) $$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{9.11 \times 10^{-31} \times 663} = 1.098 \times 10^{-6} \ m = 1.098 \ \mu m$$

(b) $$\Delta v = \frac{0.05}{100} \times 663 = 0.3315 \ m/s$$

$$\Delta p = m \Delta v = 9.11 \times 10^{-31} \times 0.3315 = 3.02 \times 10^{-31} \ Kg.\frac{m}{s}$$

$$\Delta x \, \Delta p = \frac{h}{4\pi}$$

$$\Delta x = \frac{h}{4\pi \, \Delta p} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{4 \times 3.14 \times 3.02 \times 10^{-31}} = 1.747 \times 10^{-4} \ m$$ وهي اقل لادقة في موضع الالكترون

10 بروتون طاقته الحركية تساوي (1.6×10^{-13} J) اذا كانت اللادقة في زخمه تساوي (5 %) من زخمه الأصلي .
فما هي اقل لادقة في موضعه ؟ اعتبر ان كتلة البروتون تساوي (1.67×10^{-27} Kg) .

الحل /

$$KE = \frac{1}{2} m v^2$$

$$1.6 \times 10^{-13} = \frac{1}{2} \times 1.67 \times 10^{-27} \times v^2 \Rightarrow v^2 = 1.9 \times 10^{14} \Rightarrow v = 1.38 \times 10^7 \ m/s$$

$$\Delta p = \frac{5}{100} p = \frac{5}{100} m v = \frac{5}{100} \times 1.67 \times 10^{-27} \times 1.38 \times 10^7 = 0.11523 \times 10^{-20} \ Kg.\frac{m}{s}$$

$$\Delta x \, \Delta p = \frac{h}{4\pi}$$

$$\Delta x = \frac{h}{4\pi \, \Delta p} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{4 \times 3.14 \times 0.11523 \times 10^{-20}} = 4.58 \times 10^{-14} \ m$$ وهي اقل لادقة في موضع البروتون

11 جد انطلاق الكترون والذي يجعل طول موجة دي برولي المرافقة له مساوية الى طول موجة اشعة سينية ترددها يساوي (3.25×10^{17} Hz) ؟

الحل /

$$\lambda = \frac{h}{m\upsilon} \Rightarrow \frac{c}{f} = \frac{h}{m\upsilon}$$

$$\upsilon = \frac{f\,h}{m\,c} = \frac{3.25 \times 10^{17} \times 6.63 \times 10^{-34}}{9.11 \times 10^{-31} \times 3 \times 10^{8}} = 78 \times 10^{4}\ m/s$$

---

12 افترض ان اللادقة في موضع جسيم كتلته (m) وانطلاقه (υ) تساوي طول موجة دي برولي المرافقة له .

برهن على ان : $\frac{\Delta\upsilon}{\upsilon} \geq \frac{1}{4\pi}$ حيث ($\Delta\upsilon$) هي اللادقة في انطلاق الجسيم

الحل /

$$\Delta x\,\Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$$

$$\Delta x = \lambda = \frac{h}{m\upsilon} \quad ...... (1)$$

$$\Delta p = m\,\Delta\upsilon \quad ...... (2)$$

وبتعويض العلاقة (2) و (1) في العلاقة الرئيسية اعلاه نحصل على :

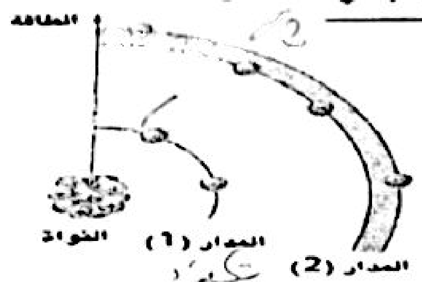
$$\frac{h}{m\upsilon}\,m\,\Delta\upsilon \geq \frac{h}{4\pi}$$

وبقسمة طرفي المتراجحة على (h) نحصل على :

$$\frac{\Delta\upsilon}{\upsilon} \geq \frac{1}{4\pi}$$

فصل السابع

مقدمة : علم الالكترونيات دخل حيز التطبيق في مجالات العلوم كافة منذ عشرات السنين وتطور بسرعة كبيرة فصنعت الكثير من الأجهزة الالكترونية مثل الراديو والتلفاز ومكبرات الصوت والكاشف الالكتروني وأجهزة تضمين الإشارات الكهربائية والفولطميتر الالكتروني وراسم الأشعة الكاثودية وأجهزة البث والتسلم والرادار وغيرها من الأجهزة . وجميع تلك الأجهزة تعتمد في عملها على الثنائيات البلورية والترانزستورات والدوائر المتكاملة والتي سندرسها في هذا الفصل .



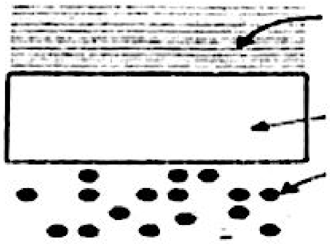
س / ما الاغلفة الالكترونية التي تشارك [redacted] في التفاعلات الكيميائية ؟

ج / الاغلفة الخارجية الأبعد عن النواة وتمتلك أعلى قدرا من الطاقة وتسمى بأغلفة التكافؤ .

س / ما الالكترونات التي تحدد الخواص الكهربائية للمادة ؟ وأين تقع ؟

ج / الكترونات التكافؤ تسهم في التفاعلات الكيميائية وهي التي تحدد الخواص الالكترونية للمادة .
تشغل الاغلفة الخارجية الأبعد عن النواة لتلك الذرة (أغلفة التكافؤ) .

حيث تمتلك الكترونات التكافؤ اكبر قدرا من الطاقة ، فتكون ضعيفة الارتباط جداً مع نواة ذرتها مقارنة بالالكترونات الأقرب الى النواة .



س / ما المقصود بـ (حزم الطاقة) ؟ وكيف تنتج ؟ وما هي انواعها ؟

ج / هي مجموعة من مستويات الطاقة الثانوية متقاربة جداً من بعضها .

وتنتج بسبب التفاعل بين الذرات المتجاورة من المادة الواحدة .

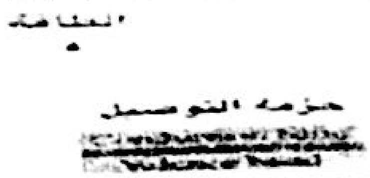
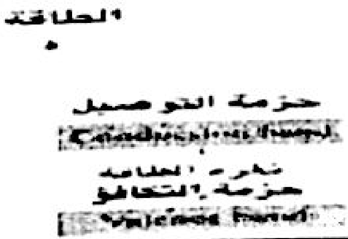
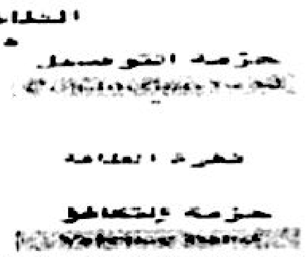
هناك نوعان من حزم الطاقة هما

الحزمة الأولى تسمى حزمة التكافؤ : تحتوي مستويات طاقة مسموح ذات طاقة واطئة ، وتكون مملوءة كليا او جزئيا بالالكترونات ولا يمكن ان تكون خالية من الالكترونات والالكترونات تسمى بالكترونات التكافؤ فلا تتمكن الكترونات التكافؤ من الحركة بين الذرات المتجاورة بسبب قربها من النواة فهي ترتبط بالنواة بقوى كبيرة نسبيا.

الحزمة الثانية تسمى حزمة التوصيل : تحتوي مستويات طاقة مسموح ذات طاقة عالية ، أعلى من مستويات الطاقة المسموح بها في حزمة التكافؤ ، والكتروناتها تسمى بالكترونات التوصيل ، تتمكن الكترونات التوصيل من الانتقال بسهولة لتشارك في عملية التوصيل الكهربائي ..يفصل بين حزمتي التوصيل والتكافؤ فجوة تسمى ثغرة الطاقة المحظورة

س / ما المقصود بـ (ثغرة الطاقة المحظورة) ؟

ج / هي منطقة تفصل بين حزمتي التوصيل والتكافؤ ولا تحتوي على مستويات طاقة مسموحا بها (ولا تسمح للالكترونات ان تشغلها) .
ولكي الكترون لكي ينتقل من حزمة التكافؤ الى حزمة التوصيل عبر ثغرة الطاقة المحظورة يتطلب ان يكتسب طاقة كافية من مصدر خارجي (بشكل طاقة حرارية او طاقة ضوئية او بتأثير مجال كهربائي) ، مقدارها لا يقل عن مقدار ثغرة الطاقة المحظورة .

المواد الموصلة	المواد شبه الموصلة	المواد العازلة
هي تلك المواد التي تسمح بانسياب التيار الالكتروني خلالها وتكون الكترونات التكافؤ فيها مرتبطة ارتباطا ضعيفا بالنواة تتمكن بسهولة من فك ارتباطها مع النواة وتصدر حرة الحركة (الكترونات حرة) .	هي تلك المواد التي تتحرك الشحنات الكهربائية فيها بحرية اقل مما هي عليه في الموصلات .	هي تلك المواد التي لا تسمح بانسياب التيار الالكتروني خلالها في الظروف الاعتيادية وتكون الكترونات التكافؤ فيها مرتبطة ارتباطا وثيقا بالنواة .
مقاومتها النوعية تقع بحدود $(10^{-8} - 10^{-5} \ \Omega m)$	مقاومتها النوعية تقع بحدود $(10^{-5} - 10^{8} \ \Omega m)$	مقاومتها النوعية تقع بحدود $(10^{10} - 10^{16} \ \Omega m)$
1 - تتداخل حزمة التكافؤ مع حزمة التوصيل . 2 - تنعدم ثغرة الطاقة المحظورة بين حزمتي التكافؤ والتوصيل . 3 - تقل قابلية التوصيل الكهربائي في المعادن بارتفاع درجة حرارتها . نتيجة (لازدياد المعدل الزمني للحركة الاهتزازية للذرات او الجزيئات) 	1 - حزمة التكافؤ مملوءة بالكترونات التكافؤ . 2 - حزمة التوصيل تكون خالية من الالكترونات 3 - ثغرة الطاقة المحظورة تكون ضيقة نسبياً . 	1 - حزمة التكافؤ مملوءة بالكترونات التكافؤ 2- حزمة التوصيل تكون خالية من الالكترونات 3- ثغرة الطاقة المحظورة تكون واسعة نسبياً 

ملاحظة

1 - المادة العازلة لا تمتلك قابلية توصيل كهربائي بسبب ثغرة الطاقة المحظورة في المادة العازلة تكون واسعة نسبيا (مقدارها حوالي 5 eV) او اكثر من ذلك ، لذا فان الكترونات حزمة التكافؤ لا تتمكن عبور ثغرة الطاقة المحظورة والانتقال الى حزمة التوصيل عندما تكون الطاقة المجهزة اقل من ثغرة الطاقة المحظورة ، وبالنتيجة تبقى حزمة التكافؤ مملوءة بالكترونات التكافؤ ، في حين حزمة التوصيل خالية من الالكترونات .

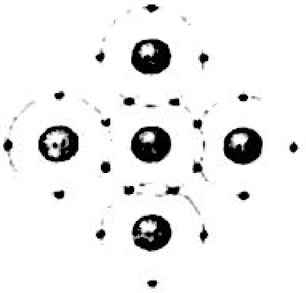
2 - عند تأثير تسليط مجال كهربائي كبير المقدار على المادة العازلة او تعرضها لتاثير حراري كبير قد يؤدي ذلك الى انهيار العازل فينساب تيار قليل جدا خلال العازل .

س / بأي الطرق يمكن جعل المادة شبه الموصلة قادرة على التوصيل ؟ وأيهما أفضل ؟ ولماذا ؟

ج / 1 - التأثير الحراري . 2 - إضافة الشوائب . وهي الأفضل . لامكانية السيطرة على التوصيلية الكهربائية للمادة .

اشباه الموصلات نوعان : 1 - اشباه الموصلات النقية . 2 - اشباه الموصلات المُطَعّمة (المشوبة او غير النقية)

أولاً : اشباه الموصلات النقية :



من اهم اشباه الموصلات والأكثر استعمالا في التطبيقات الالكترونية الجرمانيوم (Ge) والسيلكون (Si) . اذ تحتوي كل ذرة منهما على اربعة الكترونات تكافؤ لذا فان كل ذرة سليكون (Si) تتحد بوساطة الكترونات التكافؤ الاربعة مع اربع ذرات مجاورة لها من السيلكون . وبهذا تنشأ ثمانية الكترونات تكافؤ يكون كل زوج منها أصرة تساهمية تربط كل ذرتين متجاورتين في بلورة السليكون وتجعل البلورة في حالة استقرار كيميائي وكما موضح بالشكل المقابل .

س / وضح كيف يمكن جعل شبه الموصل النقي يمتلك قابلية توصيل كهربائي بوساطة التأثير الحراري ؟



ج / عند ارتفاع درجة حرارة شبه الموصل النقي الى درجة حرارة الغرفة (300 K) تكتسب الكترونات التكافؤ طاقة كافية لكسر بعض الأواصر التساهمية تمكنها من الانتقال من حزمة التكافؤ الى حزمة التوصيل عبر ثغرة الطاقة المحظورة وعندئذ تكون هذه الالكترونات حرة في حركتها خلال حزمة التوصيل . كما في الشكل المقابل . فيترك كل الكترون حيزا فارغا في حزمة التكافؤ في الموقع الذي انتقل منه يسمى هذا الموقع الخالي من الالكترونات بالفجوة (hole) التي تعمل عمل الشحنة الموجبة ، وعند هذه الظروف تتولد الكترونات حرة في حزمة التوصيل واعداد مساوية لها من الفجوات في حزمة التكافؤ وبهذه العملية يتولد ما يسمى بالزوج (الكترون - فجوة) وتستمر عملية توليد الازواج (الكترون - فجوة) مع استمرار التأثير الحراري ، فيزداد بذلك المعدل الزمني لتوليد الازواج (الكترون - فجوة) بارتفاع درجة حرارة مادة شبه الموصل النقية اذ يزداد عدد الالكترونات الحرة المنتقلة من حزمة التكافؤ الى حزمة التوصيل ويزداد نتيجة لذلك عدد الفجوات الموجبة .

س / علام يعتمد المعدل الزمني لتوليد الازواج (الكترون – فجوة) في شبه الموصل النقي ؟

ج / 1- درجة حرارة شبه الموصل . 2- نوع مادة شبه الموصل النقية .

ملاحظة : 1 - يقل مقدار ثغرة الطاقة المحظورة في السليكون النقي بارتفاع درجة حرارته فوق الصفر كلفن حتى درجة حرارة الغرفة (300 K) . فيكون مقدارها عند الصفر المطلق (1.2 eV للسليكون النقي) و(0.78 eV للجرمانيوم النقي) . وعند درجة حرارة الغرفة (300 K) تكون (1.1 eV للسليكون النقي) و(0.72 eV للجرمانيوم النقي) .

2 - في شبه الموصل النقي وعند درجة حرارة الغرفة (300 K) يكون تركيز (عدد) الفجوات الموجبة المتولدة في حزمة التكافؤ مساويا لتركيز (عدد) الالكترونات الحرة في حزمة التوصيل .

س/ ماذا يحدث عند تسليط مجال كهربائي مناسب بين جانبي بلورة شبه موصل نقي كالسليكون مثلاً وعند درجة حرارة الغرفة (300 K)

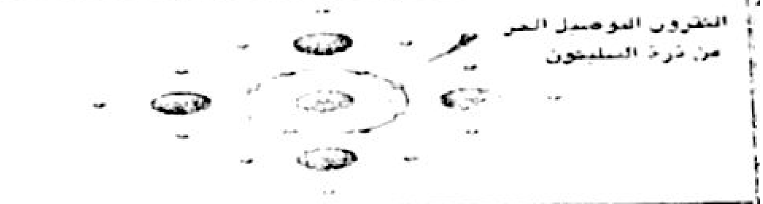
ج / عند تسليط مجال كهربائي بين جانبي بلورة السليكون النقية عند درجة حرارة الغرفة تنجذب الالكترونات الحرة بسهولة نحو الطرف الموجب ونتيجة حركة الالكترونات الحرة هذه خلال مادة شبه الموصل النقية ينشأ تيار يسمى تيار الالكترونات ويتولد نوعا اخر من التيار في حزمة التكافؤ ، يسمى تيار الفجوات ، ويكون اتجاه حركة الفجوات الموجبة داخل البلورة باتجاه المجال الكهربائي المسلط في حين تتحرك الالكترونات باتجاه معاكس لاتجاه المجال الكهربائي المسلط وهذا يعني ان الفجوات تتحرك باتجاه معاكس لاتجاه حركة الالكترونات والتيار الكلي المنساب خلال شبه الموصل النقي هو تيار الناتج من مجموع تيار الالكترونات وتيار الفجوات . وتسمى كل من الالكترونات والفجوات حوامل الشحنة

س / ما المقصود بـ (مستوى فيرمي) ؟ وأين يقع في الموصلات ؟ وفي أشباه الموصلات ؟
ج / هو اعلى مستوى طاقة مسموح به يمكن ان يشغله الالكترون عند حرارة الصفر المطلق (0 K) .
في الموصلات وعند درجة حرارة الصفر كلفن يقع : فوق المنطقة المملوءة بالالكترونات من حزمة التوصيل ومستوى الطاقة التي تشغله هذه الالكترونات يكون تحت مستوى فيرمي .
وفي أشباه الموصلات النقية يقع : في منتصف ثغرة الطاقة المحظورة بين حزمة التوصيل وحزمة التكافؤ . وعند تطعيم شبه الموصل النقي باضافة شوائب عندها ينزاح موقع مستوى فيرمي نحو الاسفل او نحو الاعلى . على حسب نوع الشائبة المضافة .

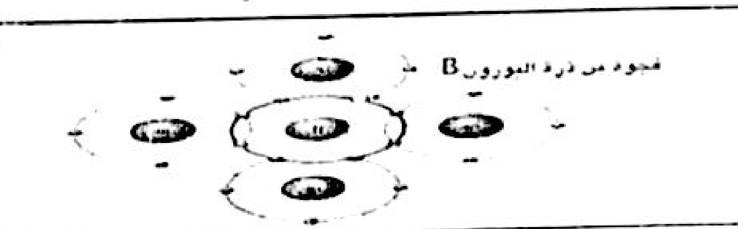
ثانياً : أشباه الموصلات المطعمة (المشوبة او غير النقية) :

س / ما المقصود بـ (عملية التطعيم) ؟ وما الفائدة منها ؟
ج / هي اضافة ذرات عناصر خماسية التكافؤ او ثلاثية التكافؤ تسمى الشوائب وبمعدل مسيطر عليه (بنسبة واحد لكل 10^8 تقريبا) وبدرجة حرارة الغرفة وبنسب قليلة ومحددة في بلورة شبه موصل نقية .
الفائدة منها : 1 - يكون بالامكان السيطرة على قابلية التوصيل الكهربائي في شبه الموصل .
2 - زيادة التوصيل الكهربائي بنسبة كبيرة نتيجة لازدياد حاملات الشحنة (الالكترونات والفجوات) بالبلورة مقارنة مع ما يحصل في التأثير الحراري .

س / كيف يتم الحصول على بلورة شبه موصل نوع (N) ؟
ج / وذلك بتطعيم بلورة شبه موصل نقية (سليكون او جرمانيوم) بشوائب خماسية التكافؤ (انتيمون Sb مثلا) بعناية وبمعدل مسيطر عليه وبدرجة حرارة الغرفة ، ونتيجة لذلك فان كل ذرة شائبة تزيح ذرة سليكون من التركيب البلوري وترتبط مع اربع ذرات سليكون مجاورة لها وتتم عملية الارتباط هذه بوساطة اربعة من الكترونات التكافؤ الخمسة للذرة الشائبة اما الكترون التكافؤ الخامس للذرة خماسية التكافؤ فيترك حرا في الهيكل البلوري .
وتسهم الالكترونات الحرة في عملية التوصيل الكهربائي .

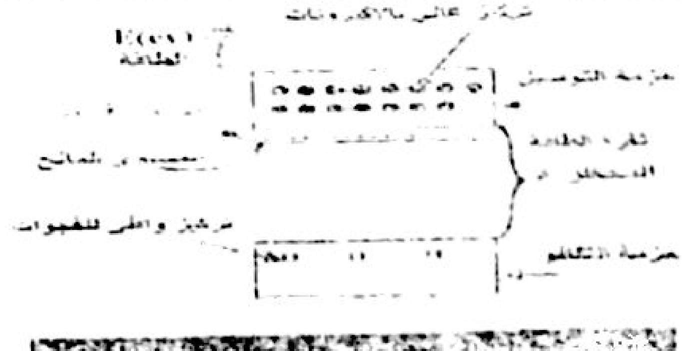


س / كيف يتم الحصول على بلورة شبه موصل نوع (P) ؟
ج / وذلك بتطعيم بلورة شبه موصل نقية (سليكون او جرمانيوم) بشوائب ثلاثية التكافؤ (بورون B مثلا) بعناية وبمعدل مسيطر عليه وبدرجة حرارة الغرفة ، ونتيجة لذلك فان كل ذرة شائبة تزيح ذرة سليكون من التركيب البلوري وترتبط مع ثلاث ذرات سليكون مجاورة لها فتترك الشائبة ثلاثية التكافؤ اصرة تساهمية تفتقر الى الكترون واحد ، ونتيجة لذلك تتولد فجوة في بلورة السليكون المطعمة بشوائب ثلاثية التكافؤ .
وتسهم الفجوات في عملية التوصيل الكهربائي .

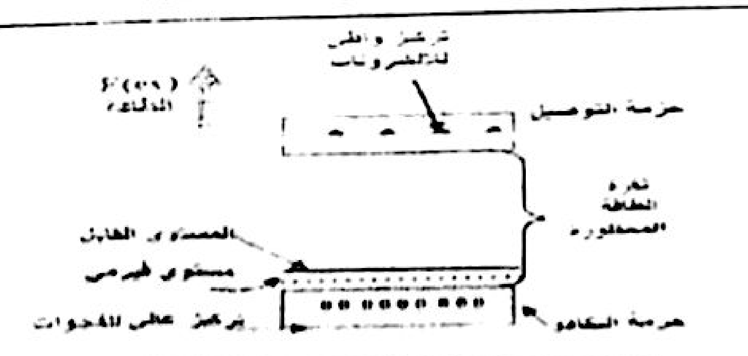


س / ما المقصود بالذرة المانحة ؟ وماذا تسبب ؟ وماذا تضيف ؟
ج / وهي شائبة خماسية التكافؤ مثل (الانتيمون او الزرنيخ) .
تصبح ايونا موجبا يرتبط مع الهيكل البلوري ارتباطا وثيقا ولا يعد عندئذ من حاملات الشحنة لانه لا يشارك في عملية التوصيل الكهربائي لشبه الموصل المطعم .
تسبب : في ازدياد تركيز الالكترونات الحرة في حزمة التوصيل وتقلل من تركيز الفجوات الموجبة في حزمة التكافؤ (المتولدة اصلا بالتأثير الحراري) .
تضيف : مستوى طاقة جديد يسمى المستوى المانح .

س / ما المقصود بالذرة القابلة ؟ وماذا تسبب ؟ وماذا تضيف ؟
ج / وهي شائبة ثلاثية التكافؤ مثل (البورون او الالمنيوم) .
تصبح ايونا سالبا يرتبط مع الهيكل البلوري ارتباطا وثيقا ولا يعد عندئذ من حاملات الشحنة لانه لا يشارك في عملية التوصيل الكهربائي لشبه الموصل المطعم .
تسبب : في ازدياد تركيز الفجوات الموجبة في حزمة التكافؤ وتقلل من تركيز الالكترونات الحرة في حزمة التوصيل (المتولدة اصلا بالتأثير الحراري) .
تضيف : مستوى طاقة جديد يسمى المستوى القابل .



شبه موصل نوع N



شبه موصل نوع P

س / ما المقصود بـ (المستوى المانح) ؟ واين يقع ؟

ج / هو المستوى الذي تشغله الالكترونات التي حررتها الذرات المانحة .

يقع: ضمن ثغرة الطاقة المحظورة وتحت حزمة التوصيل مباشرة ونتيجة لذلك يرتفع مستوى فيرمي ويقترب من حزمة التوصيل .

س / ما المقصود بـ (المستوى القابل) ...

ج / هو المستوى الذي تشغله الفجوات التي أنشأتها الذرات القابلة .

يقع : ضمن ثغرة الطاقة المحظورة وفوق حزمة التكافؤ مباشرة ونتيجة لذلك ينخفض مستوى فيرمي ويقترب من حزمة التكافؤ .

س / لماذا يكون تركيز الالكترونات في حزمة التوصيل اكبر من تركيز الفجوات في حزمة التكافؤ ؟

ج/ لان الالكترونات التي تحررها الشوائب خماسية التكافؤ لا تترك فجوات في حزمة التكافؤ عند انتقالها الى حزمة التوصيل (كما حصل في التأثير الحراري) . فتسمى الالكترونات بحاملات الشحنة الرئيسية (او الحاملات الأغلبية) لأنها تولدت من عمليتي التطعيم والتأثير الحراري . اما الفجوات الموجبة فتسمى بحاملات الشحنة الثانوية (او الحاملات الأقلية) لأنها تولدت فقط نتيجة التأثير الحراري .

وبالنتيجة نحصل على بلورة شبه موصل من النوع (N) .

س / لماذا يكون تركيز الفجوات في حزمة التكافؤ اكبر من تركيز الالكترونات في حزمة التوصيل ؟

ج / لان الذرة الشائبة ثلاثية التكافؤ تتسبب في نشوء فجوة حزمة التكافؤ عند قبولها الكترونا من الكترونات التكافؤ ولا يحصل انتقال الكترونات إضافية الى حزمة التوصيل (كما حصل في التأثير الحراري) . فتسمى الفجوات في حزمة التكافؤ بحاملات الشحنة الرئيسية (او الحاملات الأغلبية) . اما الالكترونات في حزمة التوصيل فتسمى بحاملات الشحنة الثانوية (او الحاملات الأقلية) لأنها تولدت فقط نتيجة التأثير الحراري .

وبالنتيجة نحصل على بلورة شبه موصل من النوع (P) .

س / لماذا تسمى بلورة شبه الموصل بعد تطعيمها بشوائب خماسية التكافؤ بشبة الموصل نوع N وأحيانا بالبلورة السالبة ؟

ج / لان الحاملات الأغلبية للشحنة هي الالكترونات والحاملات الأقلية للشحنة هي الفجوات الموجبة .

س / لماذا تسمى بلورة شبه الموصل بعد تطعيمها بشوائب ثلاثية التكافؤ بشبة الموصل نوع P وأحياناً بالبلورة الموجبة ؟

ج / لان الحاملات الأغلبية للشحنة هي الفجوات الموجبة والحاملات الأقلية للشحنة هي الالكترونات .

ملاحظة

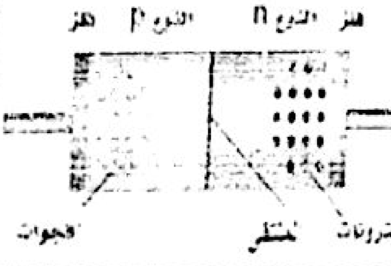
صافي الشحنة الكلية للبلورة نوع (N) تساوي صفراً اي متعادلة كهربائيا . وذلك لانها تمتلك عددا من الشحنات السالبة (الالكترونات الحرة في حزمة التوصيل) مساويا لعدد الشحنات الموجبة (الفجوات في حزمة التكافؤ والايونات الموجبة للشوائب خماسية التكافؤ) .

صافي الشحنة الكلية للبلورة نوع (P) تساوي صفراً اي متعادلة كهربائيا . وذلك لانها تمتلك عددا من الشحنات السالبة (الالكترونات الحرة في حزمة التوصيل والايونات السالبة للشوائب ثلاثية التكافؤ) مساويا لعدد الشحنات الموجبة (الفجوات في حزمة التكافؤ) .

س / ما هو الثنائي (pn) (الدايود) ؟ وكيف يتم الحصول عليه ؟

ج / هو وسيلة تتحكم باتجاه التيار او لتغيير او تحسين أشكال الاشارات الخارجة في الدوائر الكهربائية والالكترونية .

يتم صنعه : نأخذ بلورة شبه موصل نقية (سليكون او جرمانيوم) وتطعم بنوعين من الشوائب احدهما ثلاثية التكافؤ (البورون مثلا) فنحصل على منطقة شبه موصل نوع (P) والأخرى خماسية التكافؤ (الانتيمون) فنحصل على منطقة شبه موصلة من النوع (N) وتطلى منطقة الاتصال بمادة فلزية بحيث يمكن وصل الاسلاك الموصلة بها عند ربط الثنائي البلوري pn بالدائرة الخارجية ويسمى السطح الفاصل بين المنطقتين بـ (الملتقى) .

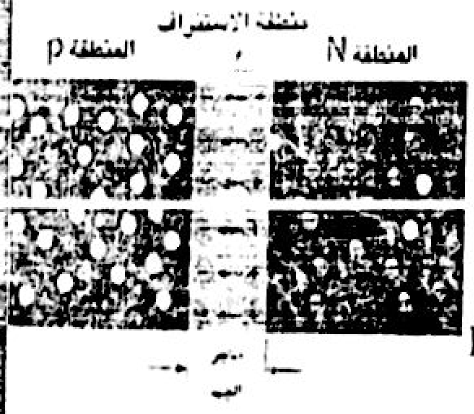


س / ما المقصود بـ (منطقة الاستنزاف) ؟ وبماذا تمتاز ؟ وكيف تتولد ؟

ج / هي طبقة رقيقة جداً تتولد على جانبي الملتقى (pn) .

تمتاز : بأنها تحتوي ايونات موجبة في المنطقة (N) وايونات سالبة في المنطقة (P) وتكون خالية من حاملات الشحنة (الكترونات حرة او فجوات) .

تتولد : بسبب ان الالكترونات الحرة من المنطقة N القريبة من الملتقى (pn) تنتشر (تنضح) الى المنطقة P عبر الملتقى (وعندئذ تلتحم الالكترونات مع الفجوات القريبة من الملتقى) ونتيجة لهذه العملية تنشأ منطقة رقيقة على جانبي الملتقى تحتوي ايونات موجبة في المنطقة N وايونات سالبة في المنطقة P . وتكون خالية من حاملات الشحنة وتسمى منطقة الاستنزاف (يتوقف انتشار الالكترونات عبر الملتقى pn عندما تحصل حالة التوازن) . كما في الشكل المقابل .



س / ما المقصود بـ (حاجز الجهد) ؟ وعلام يعتمد مقدار حاجز الجهد في الثنائي (pn) ؟

ج / هو فرق الجهد الكهربائي الناتج عن المجال الكهربائي لمنطقة الاستنزاف ويعمل على منع عبور الكترونات اضافية عبر الملتقى pn فتتوقف عندئذ عملية انتشار الالكترونات . فتحصل حالة التوازن .

يعتمد على : 1 - نوع مادة شبه الموصل المستعملة . 2 - نسبة الشوائب المطعمة بها . 3 - درجة حرارة المادة .

ملاحـــظـــة

مقدار حاجز الجهد في الثنائي (pn) عند درجة حرارة الغرفة (300 K) المصنوع من السليكون يساوي (0.7 V) و المصنوع من الجرمانيوم يساوي (0.3 V) .

ان انتشار (انتقال) الالكترونات عبر الملتقى (pn) يتوقف عند حصول حالة التوازن ، لذا يتطلب تسليط فرق جهد كهربائي مستمر يسمى فولطية الانحياز لتوافر ظروف عملية مناسبة للجهاز الالكتروني المستعمل . توجد طريقتان لانحياز الملتقى (pn) وهما : طريقة الانحياز الامامي وطريقة الانحياز العكسي .

س / كيف يتم الحصول على الانحياز الامامي للثنائي (pn) ؟ وبماذا يمتاز ؟

ج / يربط القطب الموجب للبطارية مع المنطقة (P) للثنائي والقطب السالب للبطارية يربط مع منطقة (N) للثنائي ويجب ان يكون فرق الجهد المسلط على طرفي الثنائي اكبر من فرق جهد الحاجز للملتقى (pn) .

يمتاز : 1 - تتنافر الالكترونات الحرة في المنطقة (N) مع القطب السالب للبطارية مندفعة نحو الملتقى (pn) مكتسبة طاقة من البطارية تمكنها من التغلب على حاجز الجهد الكهربائي وتعبر الملتقى (pn) الى المنطقة (P) .

2 - تتنافر الفجوات في المنطقة (P) مع القطب الموجب للبطارية نحو الملتقى (pn) مكتسبة طاقة من البطارية تمكنها من التغلب على حاجز الجهد وتعبر الملتقى (pn) الى المنطقة (N) .

3 - تضيق منطقة الاستنزاف ويقل حاجز الجهد للملتقى (pn)

4 - اتجاه المجال الكهربائي المسلط على الثنائي يكون معاكسا لاتجاه المجال الكهربائي لحاجز الجهد واكبر منه .

5 - تقل بذلك مقاومة الملتقى .

6 - ينساب تيار كبير خلال الملتقى يسمى بالتيار الأمامي .

س / كيف يتم الحصول على الانحياز العكسي للثنائي (pn) ؟ وبماذا يمتاز ؟

ج / يربط القطب السالب للبطارية مع المنطقة (P) للثنائي والقطب الموجب للبطارية يربط مع منطقة (N) للثنائي .

يمتاز : 1 - تنجذب الالكترونات الحرة في المنطقة (N) نحو القطب الموجب للبطارية مبتعدة عن الملتقى (pn) .

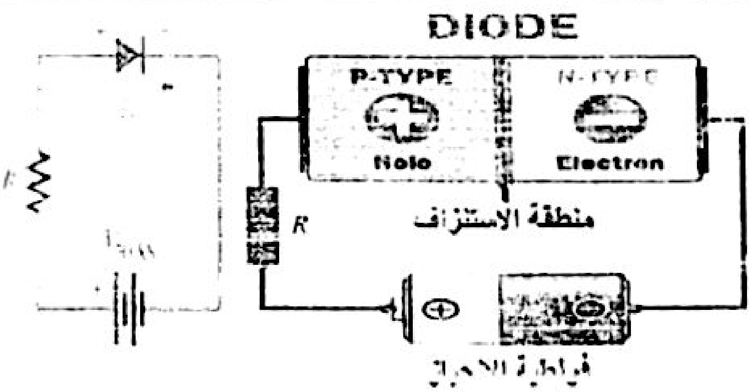
2 - تنجذب الفجوات في المنطقة (P) نحو القطب السالب للبطارية مبتعدة عن الملتقى (pn) .

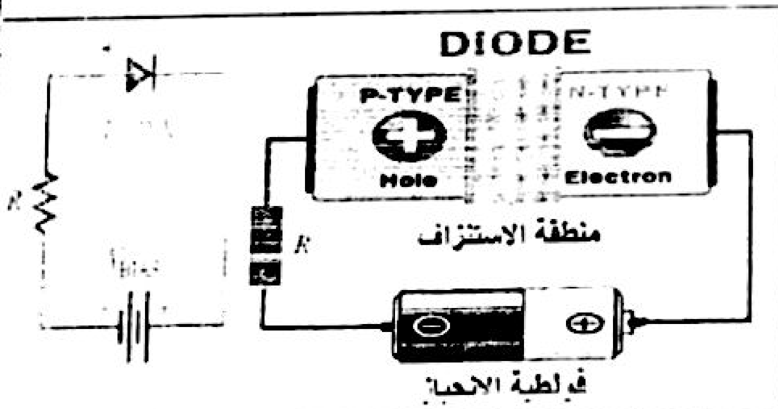
3 - تتسع منطقة الاستنزاف ويزداد حاجز الجهد للملتقى (pn) .

4 - اتجاه المجال الكهربائي المسلط على الثنائي يكون باتجاه المجال الكهربائي لفرق حاجز الجهد .

5 - تزداد بذلك مقاومة الملتقى .

6 - ينساب تيار صغير جداً خلال الملتقى يسمى بالتيار العكسي .





س / ميز بين الانحياز الأمامي والانحياز العكسي للثنائي البلوري ؟ (الجواب موجود أعلاه)

س / انسياب تيار كبير في دائرة الثنائي البلوري (pn) عندما تزداد فولطية الانحياز بالاتجاه الأمامي ؟

ج / عندما يحيز الثنائي البلوري باتجاه امامي تضيق منطقة الاستنزاف ويقل حاجز الجهد للملتقى وتقل ممانعة الملتقى فينساب تيار كبير في الثنائي البلوري .

بعض أنواع الثنائيات :

نوع الثنائي	أساس عمله	طريقة ربط الثنائي	مجال الاستعمال
1- الثنائي المتحسس للضوء	تحويل الطاقة الضوئية الى طاقة كهربائية	يربط بطريقة الانحياز العكسي	يستعمل في : كاشفات الضوء ومقياس لشدة لضوء .
2 - ثنائي الخلية الضوئية او الخلية الشمسية	تحويل الطاقة الضوئية الى طاقة كهربائية	يربط بطريقة الانحياز العكسي	يستعمل في الأقمار الصناعية كمصدر طاقة . فيمكن ربطها على التوالي مع بعضها لزيادة جهدها . وتربط على التوازي مع بعضها لزيادة قدرتها .
3 - الثنائي الباعث للضوء	تحويل الطاقة الكهربائية الى طاقة ضوئية	يربط بطريقة الانحياز الأمامي	يستعمل في : الحاسبات والساعات الرقمية لاظهار الأرقام بوساطة سبع اضلاع من هذه الثنائيات لكل رقم
4 - الثنائي المعدل للتيار	تحويل التيار المتناوب الى تيار معدل بنصف موجة (باتجاه واحد) .	انحياز أمامي . ينساب تيار في الدائرة انحياز عكسي . لا ينساب تيار في الدائرة في النصف الاخر للموجة .	يستعمل في : أجهزة تعديل الموجة .

س / ما الفرق بين : الثنائي الباعث للضوء والثنائي المتحسس للضوء ؟ (الجواب موجود أعلاه) .

س / يحيّز الثنائي البلوري (pn) المتحسس للضوء باتجاه عكسي قبل سقوط الضوء عليه ؟

ج / لان الفوتون الذي يمتلك طاقة تزيد على 1.1 eV يتمكن من توليد زوج من (الالكترون - فجوة) في السليكون والفوتون الذي يمتلك طاقة تزيد على 0.72 eV يتمكن من توليد زوج من الالكترون - فجوة في الجرمانيوم فيعمل هذا الثنائي على توليد قوة دافعة كهربائية بين طرفيه عند سقوط الضوء عليه ومقدارها في الثنائي المصنوع من السليكون (0.5 eV) والمصنوع من الجرمانيوم (0.1 eV)

س / علام يعتمد التيار المنساب في دائرة الثنائي البلوري (pn) المتحسس للضوء ؟

ج / على شدة الضوء الساقط على الثنائي البلوري . حيث ان مقدار التيار في دائرة الثنائي يتناسب طردياً مع شدة الضوء الساقط عليه .

س / لماذا ينبعث الضوء من الثنائي الباعث للضوء ؟

ج / عند تسليط فرق جهد كهربائي خارجي بين طرفي الثنائي ينساب تيار في دائرته نتيجة حصول عملية اعادة الالتحام التي تحصل بين الالكترونات والفجوات فتتحرر طاقة نتيجة سقوط الالكترونات في الفجوات وهذه الطاقة تظهر بشكل حرارة داخل التركيب البلوري واذا كانت مادة الثنائي من زرنيخيد الكاليوم (GaAs) تكون الطاقة المتحررة نتيجة سقوط الالكترونات في الفجوات بشكل طاقة ضوئية .

س / علام يعتمد لون الضوء المنبعث من الثنائيات الباعثة للضوء (L . E . D) ؟

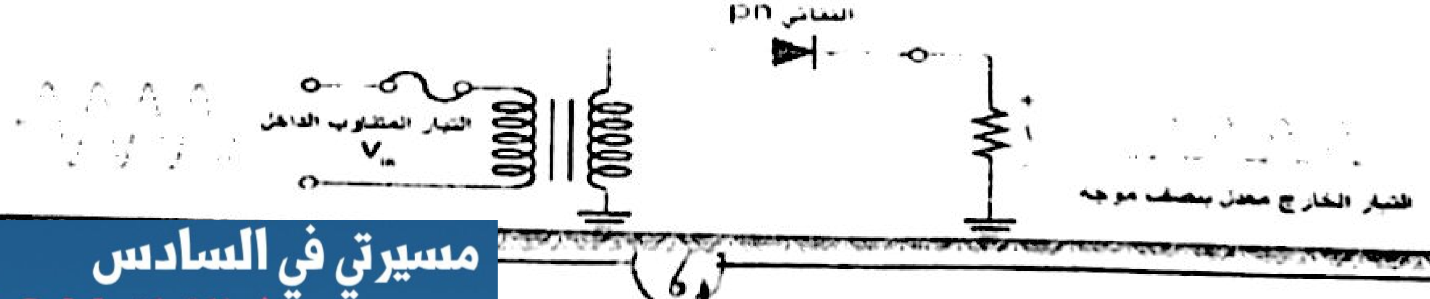
ج / يعتمد على المادة المصنوعة منها هذه الثنائيات فتبعث ضوء (احمر - اصفر - اخضر) .

س / ماذا يحصل للتيار المتناوب لو وضع في طريقه ثنائي بلوري (pn) ؟ وزاري 2013

ج / يصبح تيار معدل بنصف موجة (باتجاه واحد) .

حيث ان احد نصفي الموجة (القطبية الموجبة) تجعل انحياز الثنائي بالاتجاه الأمامي فيسمح للتيار ان ينساب في الدائرة .

اما النصف الثاني للموجة فيجعل انحياز الثنائي بالاتجاه العكسي فلا يسمح للتيار ان ينساب في الدائرة .



مثال 1

في دائرة الترانزستور كمضخم ذي القاعدة المشتركة (القاعدة مؤرضة) اذا كان تيار الباعث ($I_E = 3 \ mA$) وتيار الجامع ($I_C = 2.94 \ mA$) ومقاومة الدخول ($R_{in} = 500 \ \Omega$) ومقاومة الخروج ($R_{out} = 400 \ K\Omega$)

احسب : 1- ربح التيار (α) ؟ 2- ربح الفولطية (A_V) ؟

الحل /

1 . $$\alpha = \frac{I_c}{I_E} = \frac{2.94 \times 10^{-3}}{3 \times 10^{-3}} = 0.98$$ ربح التيار

2 . $$V_{in} = I_E \times R_{in} = 3 \times 10^{-3} \times 500 = 1.5 \ v$$

$$V_{out} = I_C \times R_{out} = 2.94 \times 10^{-3} \times 400 \times 10^{3} = 1176 \ v$$

$$A_V = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1176}{1.5} = 784$$ ربح الفولطية

مثال 2

في دائرة الترانزستور كمضخم ذي القاعدة المشتركة (القاعدة مؤرضة) اذا كان ربح القدرة ($G = 768$) وتكبير الفولطية (ربح الفولطية) يساوي ($A_V = 784$) وتيار الباعث ($I_E = 3 \times 10^{-3} \ A$) جد تيار القاعدة I_B ؟

الحل /

$$G = \alpha \times A_V \ \Rightarrow \ 768 = \alpha \times 784 \ \Rightarrow \ \alpha = \frac{768}{784} = 0.98$$

$$\alpha = \frac{I_c}{I_E} \ \Rightarrow \ I_C = \alpha \times I_E = 0.98 \times 3 \times 10^{-3} = 2.94 \times 10^{-3} \ A$$ تيار الجامع

$$I_B = I_E - I_C = 3 \times 10^{-3} - 2.94 \times 10^{-3} = 0.06 \times 10^{-3} \ A$$ تيار القاعدة

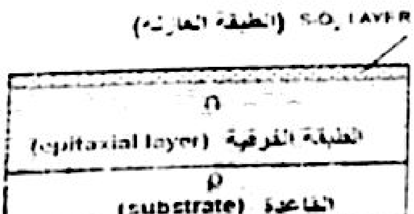
س / ما المقصود بـ (الدوائر المتكاملة) ؟

ج / هي جهاز (نبيطة) صغير جدا يستعمل للسيطرة على الإشارات الكهربائية في كثير من الأجهزة الكهربائية كالحاسبات الالكترونية واجهزة التلفاز والهاتف الخلوي وبعض اجزاء السيارات و الاقراص المدمجة والمركبات الفضائية .



تحتوي الدوائر المتكاملة الالاف من العناصر المعقدة التي تصنع بعملية واحدة .

اذ تصنع عناصرها على شريحة صغيرة منفردة من رقاقة من السليكون (Si) وهذه العناصر تشمل الثنائيات البلورية والترانزستورات والمقاومات والمكثفات لتكون منظومات الكترونية تؤدي وظيفة معينة .



س / علام تعتمد عملية تصنيع الدوائر المتكاملة ؟

ج / تعتمد على ما يسمى بعملية تقنية الانتشار في المستوى الواحد . حيث يتم تنفيذ جميع الخطوات العملية اللازمة لتصنيعها على سطح واحد لشريحة السليكون .

س / ما هي مراحل تصنيع عناصر الدوائر المتكاملة ؟

ج / تتم مراحل تصنيع عناصر الدوائر المتكاملة بشكل أساسي بانتاج ثلاث طبقات رئيسية هي :

1- **الطبقة الأساسية** : وهي عملية انماء بلورة السليكون الاسطوانية الشكل ومن ثم تقطيعها الى رقاقات دائرية تسمى بطبقة الاساس وهذه الطبقة هي عبارة عن شبه موصل نوع (P) وتمثل الجسم الذي يرتكز عليه جميع أجزاء الدائرة المتكاملة .

2- **الطبقة الفوقية نوع (N)** : تصنع الطبقة الفوقية (N) عن طريق وضع رقاقات السليكون في فرن حراري خاص وبتسليط غاز (هو مزيج من ذرات السليكون وذرات مانحة خماسية التكافؤ على الرقاقات) .
يكون هذا المزيج طبقة رقيقة شبه موصلة نوع (N) تسمى الطبقة الفوقية .

3- **الطبقة العازلة** : بعد ان تنمى الطبقة الفوقية (N) على طبقة الاساس (P) توضع الرقاقات في فرن حراري خاص يحتوي غاز الأوكسجين وبخار الماء في درجة حرارة معينة فتكون طبقة من ثنائي اوكسيد السليكون (SiO_2) والتي تمثل الطبقة العازلة .

س / بماذا تتميز الدوائر المتكاملة عن الدوائر الكهربائية الاعتيادية (المنفصلة) ؟

ج / 1 - صغيرة الحجم . 2 - تستهلك قدرة قليلة جداً . 3 - سريعة العمل . 4 - خفيفة الوزن ورخيصة الثمن .

5 - تؤدي الدوائر المتكاملة الكثير من الوظائف التي تؤديها الدوائر الكهربائية العادية التي تتألف من اجزاء منفصلة .

حل اسئلة فصل السابع

1 اختر العبارة الصحيحة لكل من العبارات الآتية :

1 - اذا كان الثنائي البلوري (pn) محيزا باتجاه أمامي فعند زيادة مقدار فولطية الانحياز الأمامي فان مقدار التيار الأمامي :
(a) يزداد . (b) يقل . (c) يبقى ثابتا . (d) يزداد ثم ينقص .

2 - عند زيادة حاجز الجهد في الثنائي البلوري (pn) فان مقدار التيار الأمامي في دائرته :
(a) يزداد . (b) يقل . (c) يبقى ثابتا . (d) يزداد ثم ينقص .

3 - الالكترونات الحرة في شبه الموصل النقي وبدرجة حرارة الغرفة تشغل : (a) حزمة التكافؤ . (b) ثغرة الطاقة المحظورة . (c) حزمة التوصيل . (d) المستوي القابل .

4 - تتولد الأزواج الكترون – فجوة في شبه الموصل النقي بوساطة : (a) إعادة الالتحام . (b) التأين . (c) التطعيم . (d) التاثير الحراري .

5 - التيار المنساب في شبه الموصل النقي ناتج عن :
(a) الالكترونات الحرة فقط . (b) الفجوات فقط .
(c) الايونات السالبة . (d) الالكترونات والفجوات كليهما .

6 - في شبه الموصل نوع n وعند درجة حرارة الغرفة يكون :
(a) عدد الالكترونات الحرة في حزمة التوصيل يساوي عدد الفجوات في حزمة التكافؤ .
(b) عدد الالكترونات الحرة في حزمة التوصيل اكبر من عدد الفجوات في حزمة التكافؤ .
(c) عدد الالكترونات الحرة في حزمة التوصيل اقل من عدد الفجوات في حزمة التكافؤ .
(d) جميع الاحتمالات السابقة ، يعتمد ذلك على نسبة الشوائب .

7 - تتولد منطقة الاستنزاف في الثنائي (pn) بوساطة :
(a) إعادة الالتحام . (b) التناضح . (c) التأين .
(d) جميع الاحتمالات السابقة (a . b . c) .

8 - الثنائي pn الباعث للضوء (LED) يبعث الضوء عندما :
(a) يحيز باتجاه امامي . (b) يحيز باتجاه عكسي .
(c) يكون حاجز الجهد عبر الملتقى كبيراً .
(d) يكون بدرجة حرارة الغرفة .

9 - تيار الباعث (I_E) في دائرة الترانزستور يكون دائما :
(a) اكبر من تيار القاعدة . (b) اقل من تيار القاعدة .
(c) اكبر من تيار الجامع . (d) الأجوبة (a و c) .

10 - منطقة الاستنزاف في الثنائي البلوري في المنطقة n تحتوي فقط : (a) الكترونات حرة . (b) فجوات .
(c) ايونات موجبة . (d) ايونات سالبة .

11 - يسلك السليكون سلوك العازل عندما يكون :
(a) نقياً . (b) في الظلمة . (c) بدرجة الصفر المطلق .
(d) الأجوبة الثلاث (a . b . c) متجمعة .

12 - يزداد المعدل الزمني لتوليد الأزواج الكترون – فجوة في شبه الموصل :
a بادخال شوائب خماسية التكافؤ b بادخال شوائب ثلاثية التكافؤ
(c) بارتفاع درجة الحرارة . (d) ولا واحدة مما سبق .

13 - منطقة القاعدة في الترانزستور تكون :
(a) واسعة وقليلة الشوائب . (b) واسعة وكثيرة الشوائب .
(c) رقيقة وقليلة الشوائب . (d) رقيقة وكثيرة الشوائب .

14 - ربح التيار (α) في المضخم pnp ذي الباعث المشترك هو نسبة :
(a) $\frac{I_E}{I_C}$ (b) $\frac{I_B}{I_C}$ (c) $\frac{I_C}{I_B}$ (d) $\frac{I_C}{I_E}$

15 - فرق الطور بين الاشارة الخارجة والاشارة الداخلة في المضخم pnp ذي القاعدة المشتركة يساوي :
(a) صفراً (b) 90° (c) 180° (d) 270°

16 - ربح التيار (α) في دائرة الترانزستور pnp المستعمل كمضخم ذي القاعدة المشتركة يساوي :
(a) $\frac{I_E}{I_B}$ (b) $\frac{I_C}{I_E}$ (c) $\frac{I_C}{I_B}$ (d) $\frac{I_E}{I_B}$

17 - يقع مستوى فيرمي في شبه الموصل نوع (N) عند درجة حرارة (0 K) . (a) أسفل المستوى المانح .
(b) منتصف المسافة بين قعر حزمة التوصيل والمستوى المانح .
(c) في منتصف ثغرة الطاقة .
(d) منتصف المسافة بين قمة حزمة التكافؤ والمستوى المانح .

18 - مستوى فيرمي هو : (a) معدل قيمة كل مستويات الطاقة . (b) مستوى الطاقة في قمة حزمة التكافؤ .
(c) أعلى مستوى طاقة مشغول عند (0° C) . (d) أعلى مستوى طاقة مشغول عند (0 K) .

ضع كلمة صح او خطا أمام كل عبارة من العبارات التالية ، مع تصحيح الخطا دون ان تغير ما تحته خط :

1 - بلورة السليكون نوع n تكون سالبة الشحنة . (خطا) متعادلة (صفراً) .

2 - منطقة الاستنزاف في الثنائي pn تحتوي ايونات موجبة في المنطقة p وايونات سالبة في المنطقة n . (خطا) بالعكس .

3 - تزداد قابلية التوصيل الكهربائي في شبه الموصل النقي بارتفاع درجة حرارته . (صح)

4 - الثنائي الباعث للضوء يحيز باتجاه أمامي . (صح)

5 - مقدار ثغرة الطاقة المحظورة في الجرمانيوم (1.1 eV) . (خطا) (0.72 eV) .

6 - يزداد مقدار حاجز الجهد في الثنائي البلوري عندما يكون محيزا بالاتجاه الأمامي . (خطأ) يقل .

7 - يحيز الباعث في الترانزستور دائماً بانحياز امامي . (صح)

8 - مستويات الطاقة التي تقع تحت مستوى فيرمي تكون مشغولة بالالكترونات . (صح)

9 - ربح القدرة في المضخم pnp ذي القاعدة المشتركة يكون كبيرا جداً . (خطأ) متوسطاً .

10 - تتولد الازواج الكترون فجوة في شبه الموصل نتيجة عملية أعادة الالتحام بين الالكترونات والفجوات . (خطا) التأثير الحراري

11- منطقة القاعدة في الترانزستور تكون دائماً رقيقة ونسبة الشوائب قليلة . (صح)

12 - في الترانزستور npn ذو القاعدة المشتركة يكون تيار الباعث اكبر من تيار الجامع . (صح)

13 - في الترانزستور npn ذو الباعث المشترك تكون الاشارتين الخارجة والداخلة بالطور نفسه . (خطأ) بطور معاكس .

14 - بلورة الجرمانيوم نوع P تكون الفجوات هي حاملات الشحنة الاغلبية . (صح)

3 ما الفرق بين كل مما يلي : 1 - الايون الموجب والفجوة الموجبة في اشباه الموصلات ؟

الايون الموجب	الفجوة الموجبة
1 - يتكون من ذرة شائبة مانحة خماسية التكافؤ مثل الانتيمون فقدت الكترونها الخامس .	1 - هي موقع خالي من الالكترون نشأ من انتزاع الكترون واحد من ذرة السليكون او الجرمانيوم نتيجة تأثير حراري او اكتساب طاقة . او تنشأ من انتزاع الكترون واحد من ذرة السليكون او الجرمانيوم نتيجة تطعيم المادة شبه الموصل بشائب قابل .
2 - يرتبط مع اربع ذرات سليكون مجاور لها لذا فأن الذرة الشائبة تصير ايوناً موجباً .	2 - تكون حرة الحركة .
3 - لا يعد من حاملات الشحنة لانه لا يشارك في عملية التوصيل الكهربائي لشبه الموصل المطعم لانه يرتبط مع الهيكل البلوري ارتباطاً وثيقاً .	3 - لها دور في عملية التوصيل الكهربائي وهي الحاملات الرئيسة في المادة شبه الموصلة نوع (P) . وثانوية في المادة شبه الموصلة نوع (N) .

2 - الثنائي الباعث للضوء والثنائي المتحسس للضوء ؟ الجواب / في صفحة (6)

3 - شبه موصل نوع (n) وشبه موصل نوع (p) من حيث :

من حيث	شبه موصل نوع (n)	وشبه موصل نوع (p)
نوع الشائبة المطعمة	شوائب خماسية التكافؤ (انتيمون Sb مثلا)	شوائب ثلاثية التكافؤ (بورون B مثلا)
حاملات الشحنة الأغلبية وحاملات الشحنة الأقلية	حاملات الشحنة الأغلبية هي الالكترونات الحرة . حاملات الشحنة الأقلية هي الفجوات الموجبة .	حاملات الشحنة الأغلبية هي الفجوات الموجبة . حاملات الشحنة الأقلية هي الالكترونات الحرة .
المستوى الذي تولده كل شائبة وموقعه	تولد المستوى المانح . ويقع ضمن ثغرة الطاقة المحظورة وتحت حزمة التوصيل مباشرة .	تولد المستوى القابل . ويقع ضمن ثغرة الطاقة المحظورة وفوق حزمة التكافؤ مباشرة .

c ... b - طريقة الانحياز .

4 - الباعث والجامع في الترانزستور من حيث : a - جمع حاملات التيار او ارسالها . b
d - نسبة الشوائب . الجواب / في صفـــ(8)ـــحة

4

علل ما يأتي : a - سبب تولد منطقة الاستنزاف في الثنائي البلوري (pn) ؟ الجواب / في صفـــ(4)ـــحة

b - ممانعة ملتقى (الجامع – قاعدة) في الترانزستور تكون عالية بينما ممانعة ملتقى الباعث واطئة ؟ ج / في صفـــ(7)ـــحة

c - عند درجة حرارة الصفر المطلق وفي الظلمة تكون حزمة التوصيل في شبه الموصل النقي خالية من الالكترونات ؟
ج / لان عند درجة حرارة الصفر المطلق (0 K) تتسم بفقدان الحرارة فقداناً كاملاً ، اذ لا يتوافر لشبه الموصل النقي في الظلمة اي تأثير حراري او ضوئي لذا تكون حزمة التكافؤ مملوءة كلياً بالالكترونات وحزمة التوصيل خالية من الالكترونات الحرة (يسلك شبه الموصل النقي سلوك العازل) .

d - انسياب تيار كبير في دائرة الثنائي البلوري (pn) عندما تزداد فولطية الانحياز بالاتجاه الأمامي ؟ ج / في صفـــ(5)ـــحة

e - يحيز الثنائي البلوري (pn) المتحسس للضوء باتجاه عكسي قبل سقوط الضوء عليه ؟ الجواب / في صفـــ(6)ـــحة

f - الايون الموجب المتولد عند إضافة شائبة من نوع المانح الى بلورة شبه موصل نقية لا يعد من حاملات الشحنة ؟
ج / لان الايون الموجب يرتبط مع اربع ذرات مجاورة ويرتبط مع الهيكل البلوري ارتباطا وثيقا فلا يتحرك (ولا يعد من حاملات الشحنة ولا يشارك في عملية التوصيل الكهربائي لشبه الموصل المطعم) .

5

ما المقصود بكل مما يأتي :

a - مستوى فيرمي :هو مستوى افتراضي يقع بين حزمة التكافؤ وحزمة التوصيل يحدد أمكانية أشغال الالكترونات او عدم أشغالها لبقية مستويات الطاقة .
يعد مستوى فيرمي اعلى مستوى طاقة مسموح بها يمكن ان يملأ بالالكترونات عند حرارة الصفر المطلق (0 K) .

b - المستوى المانح وكيف يتولد ؟
ج / هو مستوى يقع ضمن ثغرة الطاقة المحظورة وتحت حزمة التوصيل مباشرة ويفصل بينهما مستوى فيرمي .
يتولد : بوساطة الذرات المانحة اذ تشغله الالكترونات التي حررتها الذرات المانحة .

c - منطقة الاستنزاف في الثنائي البلوري (pn) وكيف تتولد ؟ الجواب / في صفـــ(4)ـــحة

d - الفجوة في شبه الموصل . وكيف يتولد ؟
ج / وهي موقع خالي من الالكترونات . وتسلك سلوك شحنة موجبة لها مقدار شحنة الكترون .
وتتولد بطريقتين : 1 - من انتزاع الكترون واحد من ذرة السليكون او الجرمانيوم نتيجة تأثير حراري او تأثير ضوئي .
2 - من انتزاع الكترون واحد من ذرة السليكون او الجرمانيوم نتيجة تطعيم المادة شبه الموصل بشائب قابل .

e - الزوج الكترون – فجوة وكيف يتولد ؟
ج / هو الكترون وحيز فارغ في حزمة التكافؤ في الموقع الذي انتقل منه الالكترون يسمى هذا الموقع بالفجوة وتكون موجبة اذ يمثل حوامل الشحنة في شبه الموصل .
يتولد : نتيجة عملية انتزاع عدد من الالكترونات مساوي لعدد من الذرات في شبه الموصل بتأثير حراري او تأثير ضوئي او تطعيم المادة شبه الموصلة بشائب قابل .

6

علام يعتمد ؟ كل مما يأتي :

a - حاجز الجهد الكهربائي في الثنائي البلوري (pn) ؟ الجواب / في صفـــ(5)ـــحة

b - معدل توليد الازواج الكترون – فجوة في شبه الموصل النقي ؟ الجواب / في صفـــ(2)ـــحة

c - عدد الالكترونات الحرة المنتقلة من حزمة التكافؤ الى حزمة التوصيل في بلورة شبه موصلة نوع (n) بثبوت درجة الحرارة ؟
ج / تعتمد على : نسبة الذرات المانحة المطعمة بها البلورة .

e - التيار المنساب في دائرة الثنائي البلوري (pn) المتحسس للضوء ؟ الجواب / في صفـــ(6)ـــحة

ماذا يحصل للتيار المتناوب لو وضع في طريقه ثنائي بلوري ؟ الجواب / في صفحة (6)

بعد تطعيم بلورة شبه الموصل (مثل السليكون) بشوائب ثلاثية التكافؤ (مثل البورون) ما نوع البلورة التي نحصل عليها أتكون شحنتها موجبة ؟ ام سالبة ؟ ام متعادلة كهربائية ؟

ج / نحصل على بلورة نوع (p) العاملات الاغلبية للشحنة هي الفجوات الموجبة .
وان شحنة البلورة ستكون متعادلة كهربائياً . وتكون صافي الشحنة الكلية للبلورة نوع (P) تساوي صفراً.
وذلك لأنها تمتلك عددا من الشحنات السالبة(الالكترونات الحرة في حزمة التوصيل والايونات السالبة للشوائب ثلاثية التكافؤ) مساويا لعدد الشحنات الموجبة (الفجوات في حزمة التكافؤ) .

في دائرة الترانزستور ذو الباعث المشترك اذا كان تيار الباعث يساوي ($I_E = 0.4\ mA$) وتيار القاعدة ($I_B = 40\ \mu A$) ومقاومة الدخول ($R_{in} = 100\ \Omega$) ومقاومة الخروج ($R_{out} = 50\ K\Omega$)
احسب : 1- ربح التيار (α) ؟ 2- ربح الفولطية (A_V) ؟ 3- ربح القدرة (G) ؟

الحل /

1- $I_C = I_E - I_B = 0.4 \times 10^{-3} - 40 \times 10^{-6} = 0.4 \times 10^{-3} - 0.04 \times 10^{-3}$

$I_C = 0.36 \times 10^{-3}\ A$ تيار الجامع

$\alpha = \frac{I_C}{I_B} = \frac{0.36 \times 10^{-3}}{40 \times 10^{-6}} = 0.009 \times 10^{3} = 9$ ربح التيار

2- $V_{in} = I_B \times R_{in} = 40 \times 10^{-6} \times 100 = 0.004\ v$

$V_{out} = I_C \times R_{out} = 0.36 \times 10^{-3} \times 50 \times 10^{3} = 18\ v$

$A_V = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{18}{0.004} = 4500$ ربح الفولطية

3- $G = \alpha \times A_V = 9 \times 4500 = 40500$ ربح القدرة

في دائرة الترانزستور ذي الباعث المشترك . احسب ربح التيار (α) وتيار الباعث (I_E) اذا كان تيار القاعدة يساوي ($I_B = 50\ \mu A$) وتيار الجامع يساوي ($I_C = 3.65\ mA$) ؟

الحل /

$\alpha = \frac{I_C}{I_B} = \frac{3.65 \times 10^{-3}}{50 \times 10^{-6}} = 0.073 \times 10^{3} = 73$ ربح التيار

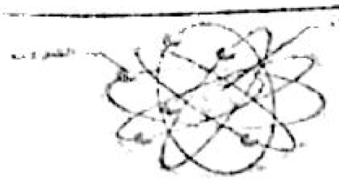
$I_E = I_C + I_B = 3.65 \times 10^{-3} + 50 \times 10^{-6} = 3.65 \times 10^{-3} + 0.05 \times 10^{-3}$

$I_E = 3.7 \times 10^{-3}\ A = 3.7\ mA$ تيار الباعث

فصل الثامن

... العالم رذرفورد عن التركيب الذري ؟ و هل نجح ام فشل ؟ ولماذا ؟

ج / اقترح العالم رذرفورد عام 1911 نموذجا للذرة ، حيث افترض بان الذرة تتكون من نواة موجبة متمركزة في وسط الذرة تدور حولها الالكترونات كما في الشكل المقابل .



فشل نموذج رذرفورد للذرة للأسباب الآتية :

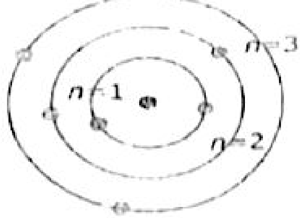


1 - عندما يدور الالكترون في الذرة حول النواة يتغير اتجاه حركته باستمرار ، لذا فهو جسيم معجل وتبعا للنظرية الكهرومغناطيسية الكلاسيكية فان اي شحنة متحركة بتعجيل تبعث إشعاعا كهرومغناطيسي ولذلك يجب ان يفقد الالكترون الدائر حول النواة داخل الذرة جزءا من طاقته في اثناء الدوران اي انه يخسر طاقة بصورة ما دامت الحركة مستمرة ومن ثم يجب ان ينتهي بحركة حلزونية مقتربا من النواة في زمن قصير ومن ثم تنهار البنية الذرية . كما في الشكل المقابل .

2 - عندما تتناقص طاقة الالكترونات تدريجيا يتولد طيف مستمر بينما أثبتت التجارب ان طيف ذرة الهيدروجين هو طيف خطي .

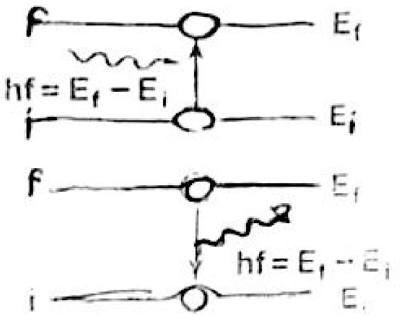
س / ما هو اقتراح العالم بور عن التركيب الذري ؟

ج / اقترح العالم بور عام 1913 نموذجا جديدا عن التركيب الذري ومن فرضياته :



1 - تدور الالكترونات سالبة الشحنة حول النواة بمدارات محددة الموقع تمثل مستويات الطاقة دون ان تشع طاقة ويمتلك الالكترون اقل طاقة عندما يكون في اقرب مستوى من النواة وعندها تكون الذرة مستقرة وان بقاء الالكترون في ذلك المستوى يستوجب امتلاكه طاقة وزخم مناسبين لذلك المستوى . كما في الشكل المقابل .

2 - الذرة متعادلة كهربائيا اذ ان شحنة الالكترونات تساوي شحنة النواة الموجبة .



3 - ان الذرة لا تشع طاقة بسبب حركة الالكترون في مداره المحدد وتكون الذرة مستقرة .

4 - عندما يكتسب الالكترون كما من الطاقة فانه ينتقل من مستوى استقراره اذ تكون طاقته فيه E_i الى مستوى طاقة اعلى E_f عندئذ تكون الذرة متهيجة . ثم تعود الذرة الى حال استقرارها وذلك بعودة الالكترون الى مستوى استقراره باعثا فوتونا تردده (f) يعطى بالعلاقة الآتية :

$$h f = E_f - E_i$$

حيث ان : h يمثل ثابت بلانك .

f يمثل التردد .

5 - في مجال الذرة يمكن تطبيق قانون كولوم على الشحنات الكهربائية والقانون الثاني لنيوتن على القوى الميكانيكية . لاحظ الشكل المقابل .



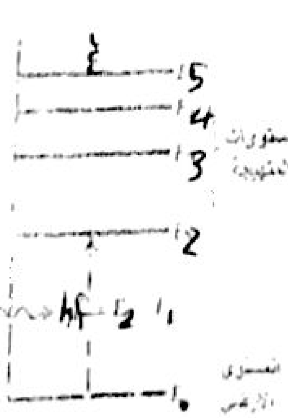
6 - يمتلك الالكترون زخما زاويا ($L = mvr$) في مدار محدد يساوي اعدادا صحيحة من ($h/2\pi$)

اي ان : $L_n = n (h/ 2\pi)$

$$mv_n r_n = n (h/ 2\pi)$$

حيث ان : $n = 1 , 2 , 3 , 4 , ...$ ويمثل العدد الكمي الرئيس .

طيف ذرة الهيدروجين : طيف خطي



درس العالم بور طيف ذرة الهيدروجين الاعتيادي لأنه ابسط ذرة ، اذ تحتوي على الكتروناً واحداً فقط .

س / ماذا يحدث عند اثارة ذرة الهيدروجين ؟

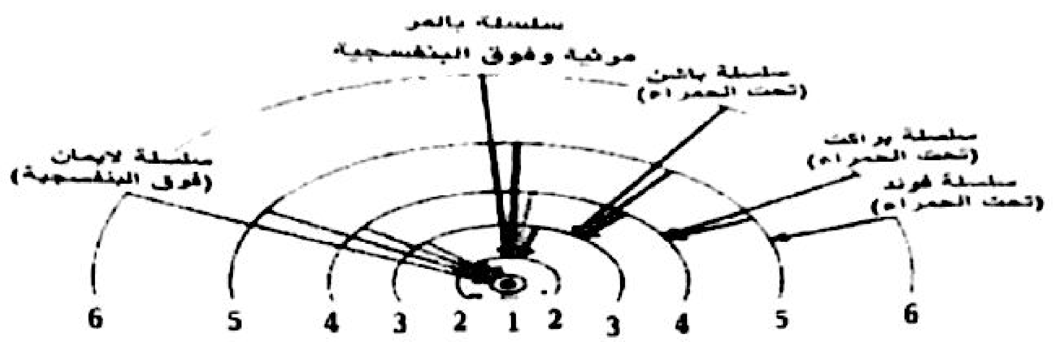
ج / عند اثارة ذرة الهيدروجين ينتقل الكترونها من المستوى الواطئ الطاقة الى مستوى اعلى طاقة ولا يبقى في مستوى الطاقة الاعلى الا لمدة زمنية قليلة نحو (10^{-8} s) ثم يهبط الالكترون الى مستوى واطئ الطاقة

ملاحظة :

ان أوطئ مستوى طاقة للذرة E_1 يسمى بالمستوى الارضي للذرة .

وتسمى المستويات العليا ($E_2 , E_3 , E_4 , ...$) بالمستويات المتهيجة .

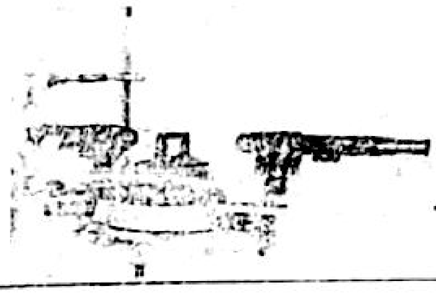
ان جميع طاقات هذه المستويات سالبة لذلك لا يمتلك الالكترون طاقة كافية تجعله يهرب من الذرة .



س / اذكر السلاسل التي اكتشفها العلماء في تفسير طيف ذرة الهيدروجين ؟

اسم السلسلة	سبب تولدها	مدى ترددها	مميزتها
سلسلة لايمان	انتقال الالكترون من المستويات العليا الى المستوى الأول للطاقة E_1	تقع في المنطقة فوق البنفسجية	غير مرئية
سلسلة بالمر	انتقال الالكترون من المستويات العليا الى المستوى الثاني للطاقة E_2	تقع في المنطقة المرئية	مرئية
سلسلة باشن	انتقال الالكترون من المستويات العليا الى المستوى الثالث للطاقة E_3	تقع في المنطقة تحت الحمراء	غير مرئية
سلسلة براكت	انتقال الالكترون من المستويات العليا الى المستوى الرابع للطاقة E_4	تقع في المنطقة تحت الحمراء	غير مرئية
سلسلة فوند	انتقال الالكترون من المستويات العليا الى المستوى الخامس للطاقة E_5	تقع في المنطقة تحت الحمراء	غير مرئية

س / قارن بين سلسلة بالمر وسلسلة باشن ؟ (الجواب موجود اعلاه)



الأطـيـاف :

س / ما المقصود بـ الطيف ؟ وكيف يتم دراسته ؟

ج / وهو سلسلة الترددات الضوئية الناتجة من تحليل حزمة من الضوء الابيض بوساطة موشور .
يتم دراسته باستعمال جهاز المطياف .

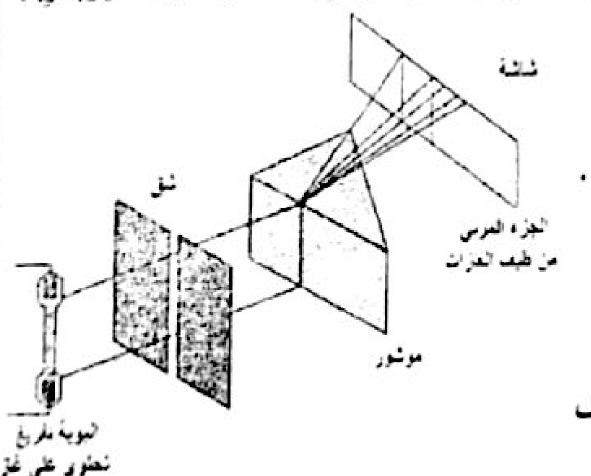
س / ما هي اهم المصادر الضوئية المستعملة في دراسة الاطياف ؟

ج / 1- مصادر حرارية وهي المصادر التي تشع ضوءا نتيجة ارتفاع درجة حرارتها مثل الشمس ومصابيح التنكستن والأقواس الكهربائية.
2 - مصادر تعتمد على التفريغ الكهربائي خلال الغازات مثل انابيب التفريغ الكهربائي عند ضغط منخفض .

س / وضح بتجربة أنواع الأطياف

ج / الأدوات : موشور زجاجي ، عدسة مكثفة (لامة) وحاجز ذو شق للحصول على حزمة متوازية تسقط على الموشور ، شاشة بيضاء
أنابيب تفريغ تحتوي غاز (مثل النيون ، الهيدروجين ، بخار الزنبق) مصباح كهربائي خويطي ، مصدر للتيار الكهربائي .

العمل :



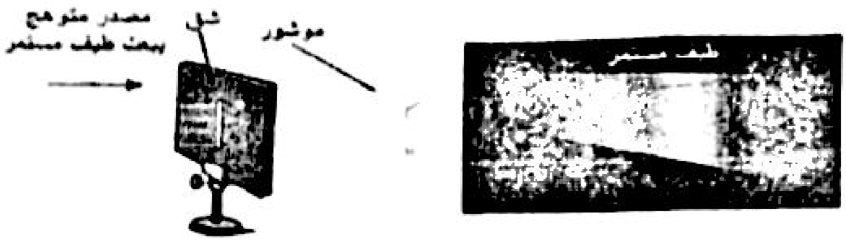
1 - نربط الأنبوب الذي يحتوي الهيدروجين بالدائرة الكهربائية المناسب لكي يتوهج غاز الهيدروجين .
2 - نضع الموشور الزجاجي في المسار الحزمة المنبعثة من أنبوب غاز الهيدروجين .
3 - نغير موقع وزاوية سقوط الحزمة المنبعثة حتى نحصل على أوضح طيف ممكن على الشاشة . ونلاحظ شكل ولون الطيف الظاهر على الشاشة .
4 - نكرر الخطوات السابقة باستعمال انابيب الغازات الاخرى والمصباح الكهربائي الخويطي . ونلاحظ شكل ولون الاطياف المختلفة على الشاشة .

نستنتج أن : الطيف الناتج من تحليل الاشعاعات المنبعثة من الغازات الأخرى يختلف باختلاف نوع الغاز .

وان هناك نوعين من الاطياف : 1 - اطياف الانبعاث . 2 - اطياف الامتصاص .

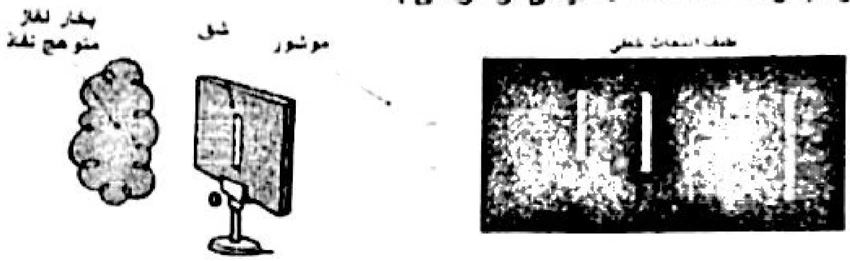
1- اطياف الانبعاث : هي اطياف المواد المتوهجة وتقسم الى :

a - الطيف المستمر : ونحصل عليه من الأجسام الصلبة المتوهجة والسائلة المتوهجة او الغازات عند ضغط عال جداً .



ويتكون هذا الطيف من مدى واسع من الاطوال الموجية الواقعة ضمن المدى المرئي المتصلة مع بعضها . مثل الطيف المنبعث من خويط التنكستن المتوهج (المصباح الكهربائي الى درجة البياض) . كما في الشكل المقابل .

b - الطيف الخطي : نحصل عليه من توهج الغازات والابخرة عند الضغط الاعتيادي او الواطئ .



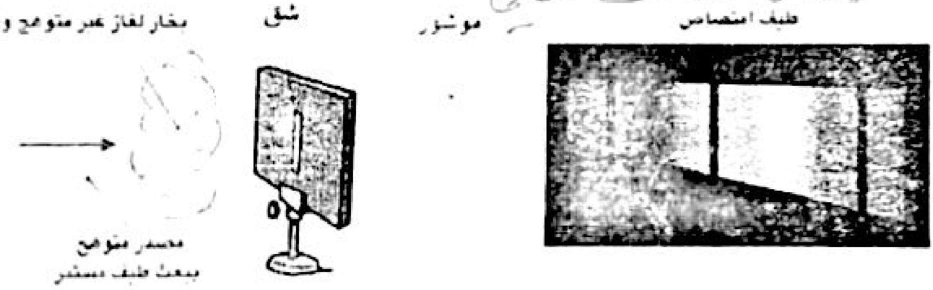
ويتكون من مجموعة من الخطوط الملونة البراقة على أرضية سوداء وان كل خط منه يمثل طولا موجيا معينا

فالطيف الخطي البراق للصوديوم مثلا متكون من خطين أصفرين براقين قريبين جداً من بعضهما يقعان في المنطقة الصفراء من الطيف المرئي ، وقد يظهر الخطان كخط واحد ان لم تكن القدرة التحليلية للمطياف كبيرة . اما الطيف الخطي للهيدروجين فيتكون من اربعة خطوط براقة بالالوان (احمر ، اخضر ، نيلي ، بنفسجي) كما في الشكل اعلاه . (وهو صفة مميزة واساسية للذرات)

c - الطيف الحزمي البراق : نحصل عليه من المواد المتوهجة جزيئية التركيب كغاز ثنائي اوكسيد الكاربون في انبوبة تفريغ تحتوي املاح الباريوم او املاح الكالسيوم والمتوهجة بوساطة قوس كاربوني .

يتكون من حزمة او عددا من الحزم الملونة على ارضية سوداء . (وهو صفة مميزة للمواد جزيئية التركيب)

2 - اطياف الامتصاص :



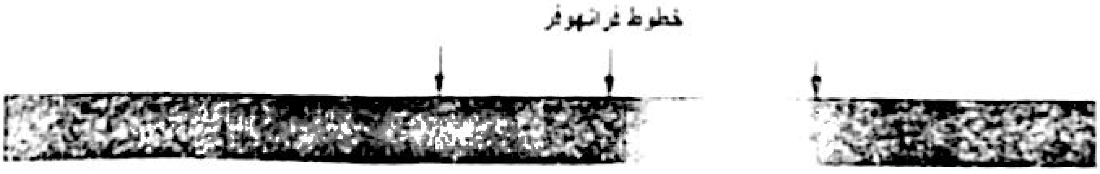
هو طيف مستمر تتخلله خطوط او حزم معتمة ، فعندما يمر الضوء المنبعث من مصدر طيفه مستمر خلال بخار غير متوهج (او مادة نفاذة) يمتص من الطيف المستمر الاطوال الموجية التي يبعثها فيما لو كان متوهجا وعندها نحصل على طيف امتصاص . كما في الشكل المقابل .

س / ما هي خطوط فرانهوفر ؟ ولماذا سُميت بهذا الاسم ؟ وما سبب ظهورها ؟

ج / هي خطوط سوداء في طيف الشمس المستمر ، يبلغ عددها ما يقارب من (600) خط .

سُميت بخطوط فرانهوفر نسبة لمكتشفها العالم فرانهوفر .

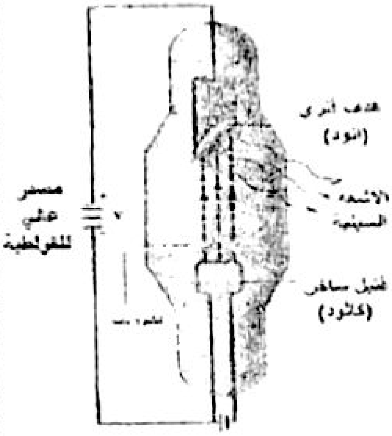
ان سبب ظهور الخطوط السوداء في الشمس يعود الى ان الغازات حول الشمس وفي جو الارض الاقل توهجا من غازات باطن الشمس تمتص من الطيف المستمر للشمس الاطوال الموجية التي تبعثها هذه الغازات فيما لو كانت متوهجة وهذا ما يسمى بطيف الامتصاص الخطي للشمس . ومن هذه الخطوط أمكن معرفة الغازات التي تمتص هذا الضوء .



كما في الشكل المقابل والذي يمثل طيف الامتصاص الخطي للشمس .

الأشعة السينية (X – ray) : هي موجات كهرومغناطيسية غير مرئية اطوالها الموجية قصيرة جدا نحو nm (10 – 0.1) لا تتأثر بالمجالات الكهربائية والمغناطيسية لانها ليست دقائق مشحونة . اكتشفها العالم رونتجن عام 1895 عن طريق الصدفة .

س / كيف يمكن توليد الأشعة السينية ؟



ج / يمكن الحصول على الاشعة السينية باستعمال انبوبة زجاجية مفرغة من الهواء ، كما في الشكل تحتوي على قطبين احدهما سالب (كاثود Cathode) وهو فتيل تنبعث منه الالكترونات عند تسخينه والآخر قطب موجب (انود Anode) وهو هدف فلزي عادة يميل بزاوية معينة مع اتجاه حركة الالكترونات المعجلة .

س / علل : في أنتاج الأشعة السينية يصنع الهدف من مادة درجة انصهارها عالية جداً ؟

ج / لكي يتحمل الهدف الحرارة العالية المتولدة نتيجة لتصادم الالكترونات المعجلة السريعة جداً به .

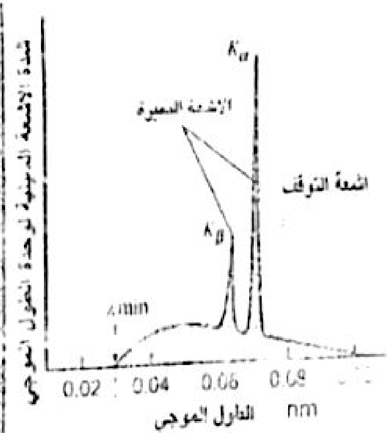
س / علل : في أنتاج الأشعة السينية يختار الهدف من مادة ذات عدد ذري كبير ؟

ج / وذلك لزيادة كفاءة الاشعة السينية .

س / تعد الأشعة السينية ظاهرة كهروضوئية عكسية ؟

ج / لان الأشعة السينية تتولد نتيجة لتحول طاقة الالكترونات المعجلة المنبعثة من الكاثود والساقطةعلى الهدف الى فوتونات الأشعة السينية بينما الظاهرة الكهروضوئية تتولد نتيجة سقوط فوتونات ذات تردد مناسب (مؤثر) على فلز فنحصل على الكترونات .

س / ما هي أنواع طيف الأشعة السينية ؟



ج / يتألف طيف الأشعة السينية من نوعين هما :

1 - الأشعة السينية ذات الطيف الخطي الحاد : وتسمى احيانا (الأشعة السينية المميزة) عند سقوط الالكترونات المعجلة على ذرات مادة الهدف فأن هذه الالكترونات تنتزع احد الالكترونات من احد المستويات الداخلية للهدف ويغادر الذرة نهائيا فتحصل حالة التأين ، او قد يرتفع الى مدار اكثر طاقة وتحصل حالة تهيج ، وفي كلا الحالتين تصبح الذرة قلقة (متهيجة) فتحاول العودة الى وضع الاستقرار ، وعندما يهبط احد الالكترونات من المستويات العليا ذو الطاقة العالية الى مستوى الطاقة الذي انتزع منه الالكترون يبعث طاقة بشكل فوتون للاشعة السينية طاقته تساوي فرق الطاقة بين المستويين E_1 ، E_2 اي ان :

$$h f = E_2 - E_1$$

(وهذا الطيف صفة مميزة لذرات مادة الهدف)

2 - الأشعة السينية ذات الطيف المستمر : ينتج هذا الطيف عن اصطدام الالكترونات المعجلة مع ذرات مادة الهدف مما يؤدي الى تباطؤ حركتها بمعدل كبير بتأثير المجال الكهربائي لنوى مادة الهدف ونتيجة لهذا التباطؤ فأن الالكترونات تفقد جميع طاقتها وتظهر بشكل فوتونات الاشعة السينية بترددات مختلفة .

ان اعظم تردد لفوتون الاشعة السينية يتوقف على فرق الجهد (V) المسلط على طرفي انبوب الاشعة السينية والذي يعجل الالكترون فيكسبه طاقة حركية عظمى (KE_{max}) على وفق العلاقة الاتية :

$$KE_{max} = e V$$

حيث ان : V يمثل فرق الجهد .

e شحنة الالكترون .

KE_{max} الطاقة الحركية العظمى للالكترون

وعند تصادم الالكترون بالهدف تتحول هذه الطاقة الى طاقة اشعاعية لفوتون الاشعة السينية :

$$KE_{max} = e V$$

$$hf_{max} = e V \Longrightarrow f_{max} = \frac{e V}{h}$$

حيث ان : f_{max} يمثل اعظم (أعلى) تردد لفوتون الاشعة السينية .

$$f_{max} = \frac{c}{\lambda_{min}}$$

$$\frac{c}{\lambda_{min}} = \frac{e V}{h} \Longrightarrow \lambda_{min} = \frac{c h}{e V}$$

حيث ان : λ_{min} يمثل اقصر طول موجي لفوتون الأشعة السينية .

... السينية انها تستثمر في المجالات الآتية :

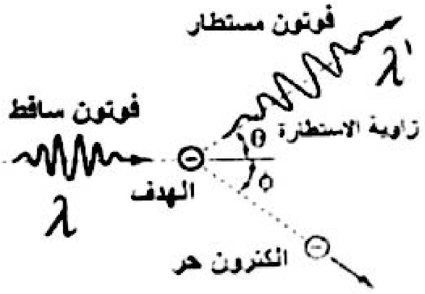
1 - المجال الطبي : فهي تعطي صورا واضحة للعظام التي تظهر بشكل فاتح والانسجة تظهر بشكل اغمق عند التصوير الشعاعي ، للكشف عن تسوس الأسنان وكسور العظام وتحديد مواقع الأجسام الصلبة مثل الشظايا او الرصاص في الجسم وكذلك الكشف وعلاج بعض لاورام في الجسم . كما تستثمر لتعقيم المعدات الطبية مثل القفازات الجراحية اللدنة او المطاطية والمحقنات فهذه المعدات تتلف عند تعرضها للحرارة الشديدة ولذا فلا يمكن تعقيمها بالغليان .

2 - المجال الصناعي : للكشف عن الهنات والشقوق في القوالب المعدنية والأخشاب المستعملة في صناعة الزوارق ، كما ساعدت دراسة طيف امتصاص هذه الأشعة في المادة على جعل الأشعة السينية من إحدى الطرائق للكشف عن العناصر الداخلة في تركيب المواد المختلفة وتحليلها . وكذلك تستثمر في دراسة خصائص الجوامد والتركيب البلوري .

3 - المجال الامني : لمراقبة حقائب المسافرين في المطارات . كما تستثمر للتعرف على أساليب الرسامين والتمييز بين اللوحات الحقيقية واللوحات المزيفة .

س / كيف يتم التمييز بين اللوحات الحقيقية واللوحات المزيفة باستعمال الأشعة السينية ؟
ج / وذلك لان الألوان المستعملة في اللوحات القديمة تحتوي على الكثير من المركبات المعدنية التي تمتص الأشعة السينية . اما الألوان المستعملة في اللوحات الحديثة فهي مركبات عضوية تمتص الاشعة السينية بنسبة اقل .

تأثير كومبتن :



توصل العالم كومبتن الى انه عند سقوط حزمة من الاشعة السينية (فوتونات) ذات طول موجي معلوم (λ) على هدف من الكرافيت النقي ، فأن الاشعة تستطار بزوايا مختلفة وان الاشعة المستطارة ذات طول موجي (λ') اطول من الطول الموجي (λ) لحزمة الاشعة الساقطة وان التغير في الطول الموجي ($\lambda' - \lambda$) يزداد بزيادة زاوية الاستطارة (θ) مع انبعاث الكترون من الجانب الاخر للهدف . كما موضح بالشكل المقابل .

وطبقا لتأثير كومبتن فان :
مقدار الزيادة في الطول الموجي لفوتونات الاشعة السينية المستطارة بوساطة الالكترونات الحرة لذرة الهدف مقارنة بالطول الموجي للفوتونات الساقطة يعتمد على زاوية الاستطارة (θ) فقط . وحسب العلاقة الآتية :

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{m_e\, c}\,(1 - \cos\theta)$$

حيث ان : λ' يمثل طول موجة الفوتون المستطار . λ يمثل طول موجة الفوتون الساقط .
h يمثل ثابت بلانك . m_e تمثل كتلة الكترون . c تمثل سرعة الضوء .
θ تمثل زاوية استطارة الفوتون . ($\frac{h}{m_e\, c}$) تمثل طول موجة كومبتن والتي تساوي (0.24×10^{-11} m)

ملاحظة
اعتمد العالم كومبتن في تفسيره بأن الفوتون الساقط على هدف من الكرافيت يتصادم مع الكترون حر من الكترونات ذرات مادة الهدف فاقداً مقدار من طاقته ، ويكتسب هذا الالكترون بعد التصادم مقداراً من الطاقة بشكل طاقة حركية تمكنه من الإفلات من مادة الهدف (اى ان الفوتون يسلك سلوك الجسيمات) .

س / علل : تأثير كومبتن هو احدى الأدلة التي تؤكد السلوك الدقائقي للأشعة الكهرومغناطيسية ؟
ج / لان العالم كومبتن فسر ذلك بان الفوتون الساقط على هدف الكرافيت ليتصادم مع الكترون حر من الكترونات ذرات مادة الهدف فاقداً مقداراً من طاقته ويكتسب هذا الالكترون بعد التصادم مقداراً من الطاقة بشكل طاقة حركية تمكنه من الافلات من مادة الهدف (اي ان الفوتون يسلك سلوك الجسيمات) .

س / ماذا يحدث لطاقة الفوتون المستطار للأشعة السينية بوساطة الكترون حر لذرة هدف ؟
ج / طاقة الفوتون المستطار تقل لان تردده يقل بسبب زيادة طوله الموجي .
او : طاقة الفوتون المستطار تقل حسب قانون حفظ الزخم لانه يعطي قسم منها للالكترون .

مثال 1

ما مقدار الزيادة الحاصلة في طول موجة الفوتون المستطار (في تأثير كومبتن) اذا استطار بزاوية (60°) ؟

علما بأن : ثابت بلانك = (6.63×10^{-34} J.s) كتلة الالكترون = (9.11×10^{-31} Kg)

سرعة الضوء في الفراغ = (3×10^{8} m/s)

الحل /

$$\Delta \lambda = \lambda' - \lambda = \frac{h}{m_e c}(1 - \cos\theta)$$

$$\Delta \lambda = \lambda' - \lambda = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{9.11 \times 10^{-31} \times 3 \times 10^{8}}(1 - \cos 60^\circ)$$

$$\Delta \lambda = \lambda' - \lambda = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{9.11 \times 10^{-31} \times 3 \times 10^{8}}(1 - 0.5) = 12 \times 10^{-13} \text{ m}$$

$$\Delta \lambda = \lambda' - \lambda = 1.2 \times 10^{-3} \text{ nm}$$ مقدار الزيادة الحاصلة في طول موجة الفوتون

مثال 2

اذا كان فرق الجهد بين قطبي أنبوبة توليد الأشعة السينية (1.24×10^{4} v) لتوليد اقصر طول موجة تسقط على هدف الكرافيت في جهاز (تأثير كومبتن) وكانت زاوية استطارة الأشعة السينية 90° فما طول موجة الاشعة السينية المستطارة ؟

الحل /

$$f_{max} = \frac{eV}{h} = \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 1.24 \times 10^{4}}{6.63 \times 10^{-34}} = 3.15 \times 10^{18} \text{ Hz}$$

$$\lambda_{min} = \frac{c}{f_{max}} = \frac{3 \times 10^{8}}{3.15 \times 10^{18}} = 0.95 \times 10^{-10} \cong 0.1 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{m_e c}(1 - \cos\theta)$$

$$\lambda' - 0.1 \times 10^{-9} = 0.24 \times 10^{-11}(1 - \cos 90^\circ)$$

$$\lambda' - 0.1 \times 10^{-9} = 0.24 \times 10^{-11}(1 - 0)$$

$$\lambda' = 0.24 \times 10^{-11} + 0.1 \times 10^{-9}$$

$$\lambda' = 0.0024 \times 10^{-9} + 0.1 \times 10^{-9} = 0.1024 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$\lambda' = 0.1024 \text{ nm}$$ طول موجة الأشعة السينية المستطارة

الليزر والميزر : جاءت تسمية كلمة ليزر (LASER) من الأحرف الأولى لفكرة عمل الليزر والممثلة في العبارة الآتية :

(Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)

جاءت تسمية كلمة ميزر (MASER) من الأحرف الأولى لفكرة عمل الميزر والممثلة في العبارة الآتية :

(Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation)

س / ماذا تعني كلمة (ليزر) وكلمة (ميزر) ؟

ج / كلمة ليزر تعني : (تضخيم الضوء بوساطة الانبعاث المحفز للإشعاع) .

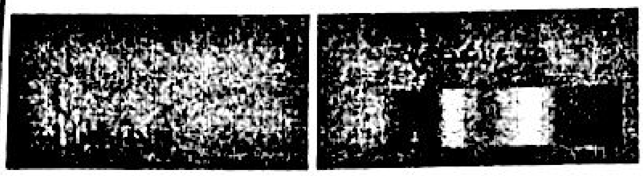
كلمة ميزر تعني : (تضخيم الموجات الدقيقة بوساطة الانبعاث المحفز للإشعاع) .

وضع العالم البرت اينشتاين في 1917 الأساس النظري لعملية الانبعاث المحفز وصمم اول جهاز في عام 1960 من قبل العالم ميمان باستعمال بلورة الياقوت ويعرف بليزر الياقوت . وتمكن العالم تاونس من تصميم اول جهاز يقوم بتضخيم الموجات الدقيقة باستعمال تقنية الانبعاث المحفز وهو ليزر الامونيا عام 1954 .

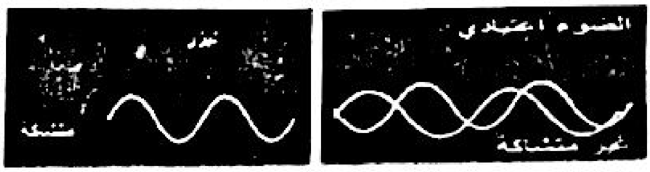
س / ما خصائص شعاع الليزر ؟

ج / يمتاز شعاع الليزر بالميزات الأساسية الآتية :

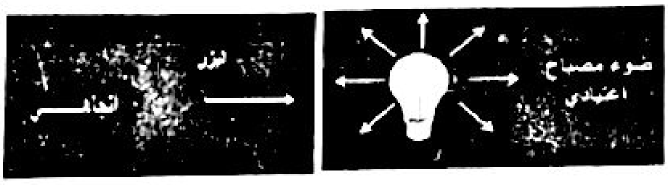
1 - أحادي الطول الموجي (أحادي اللون) : اي ان له طولاً موجياً واحداً . فشعاع الليزر يتميز بالنقاء بدرجة تفوق اي مصدر أخر فاشعة الضوء المنبعثة من المصادر الضوئية العادية تحوي مدى واسعا من الاطوال الموجية . لاحظ الشكل المقابل .



2 - التشاكة : موجات حزمة أشعة الليزر تكون كلها في الطور نفسه والاتجاه والطاقة وبهذا ممكن ان تتداخل موجتان فيما بينهما تداخلا بناء لاحظ الشكل المقابل



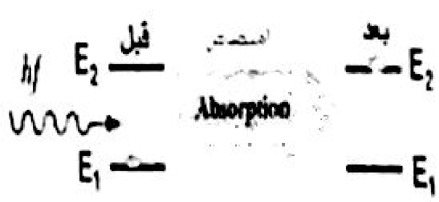
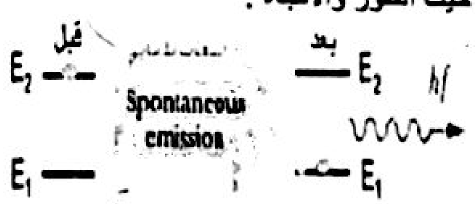
3 - الاتجاهية : تبقى موجات حزمة الليزر متوازية مع بعضها لمسافات بعيدة بانفراجية قليلة وهذا يعني ان حزمة الليزر تحتفظ بشدتها نسبيا في حين تنتشر موجات الضوء الاعتيادي بشكل عشوائي بالاتجاهات كافة . لاحظ الشكل المقابل .



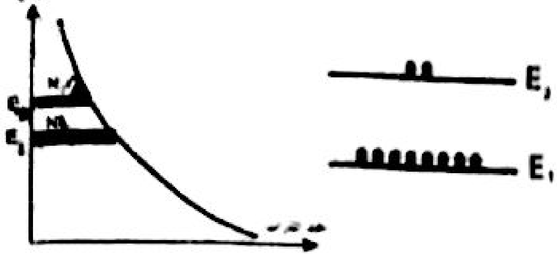
4 - السطوع : ان طاقة موجات اشعة الليزر تتركز في مساحة صغيرة وذلك لقلة انفراجيتها مما يجعل شعاع الليزر ذا شدة سطوع عالية جداً .
لذا يمكن ان يكون شعاع الليزر اسطع من اشعة الشمس بمليون مرة .
لاحظ الشكل المقابل .



★☆☆ س / ما أسس عمل الليزر ؟ الجواب :

1 - الامتصاص المحتث	2 - الانبعاث التلقائي	3 - الانبعاث المحفز
هو انتقال الذرة من مستوى طاقة واطيء (E_1) الى مستوى طاقة متهيج (E_2) وذلك بامتصاص فوتون طاقته تساوي فرق الطاقة بين هذين المستويين . اي ان : ($E_2 - E_1 = hf$)	هو انبعاث فوتون من ذرة متهيجة عند انتقالها من مستوى الطاقة الاعلى (مستوى التهيج) (E_2) الى المستوى الأرضي (E_1) تلقائياً . وطاقة الفوتون تساوي فرق الطاقة بين هذين المستويين .اي ان : ($E_2 - E_1 = hf$) وتكون الفوتونات المنبعثة تلقائياً مختلفة من حيث الطور والاتجاه .	هو انبعاث فوتون من ذرة متهيجة عند انتقالها من مستوى الطاقة الاعلى (مستوى التهيج) (E_2) الى المستوى الأرضي (E_1) بتأثير فوتون مؤثر محفز طاقته تساوي فرق الطاقة بين هذين المستويين . ويكون الفوتون المنبعث والفوتون المحفز متساويين بالطاقة والتردد والطور والاتجاه اي فوتونين متشاكهين .
		

توزيع بولتزمان والتوزيع المعكوس



لو كان لدينا نظام يتكون من (جزيئات ، ذرات او ايونات) في حال اتزان حراري تكون معظم الذرات في المستويات الواطئة للطاقة ونسبة قليلة من الذرات تكون متهيجة في المستويات العليا للطاقة .اي ان التوزيع (الاستيطان) او عدد الذرات او الجزيئات في المستوى الارضي (N_1) يكون اكثرمن عدد الذرات او الجزيئات في المستوى الاعلى للطاقة (N_2) . كما في الشكل المقابل .

اي ان : $N_1 > N_2$

وقد تمكن العالم بولتزمان من ايجاد علاقة رياضية توضح توزيع الذرات او الجزيئات في مستويات الطاقة واقترنت هذه المعادلة باسمه وسميت بقانون بولتزمان وفق العلاقة الآتية

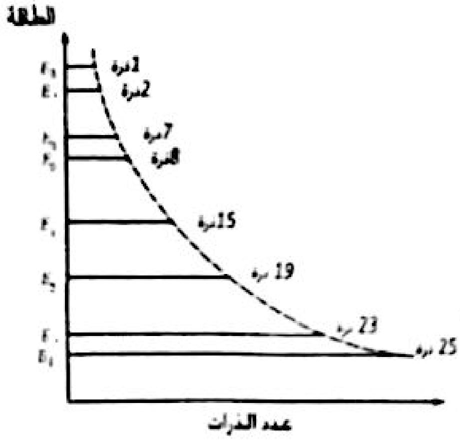
$$\frac{N_2}{N_1} = \exp\left[\frac{-(E_2 - E_1)}{kT}\right]$$

حيث ان : k يمثل ثابت بولتزمان . T تمثل درجة الحرارة بالكلفن .

N_2 يمثل عدد الذرات في المستوى الأعلى للطاقة .

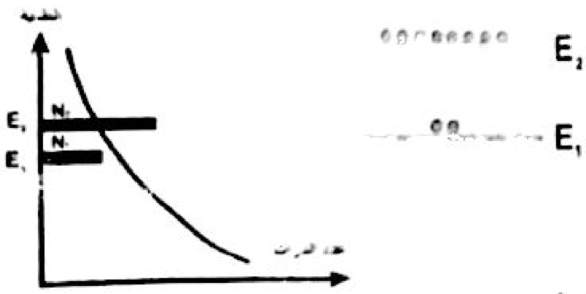
N_1 يمثل عدد الذرات في المستوى الأرضي للطاقة .

E_2 يمثل مستوى عالي الطاقة . E_1 يمثل اوطأ مستوى للطاقة .



فعلى سبيل المثال لو كان لدينا منظومة ذرية تتكون من (100 ذرة)لعنصر فيمكن توضيح التوزيع الطبيعي للذرات بحسب توزيع بولتزمان لهذه المنظومة الذرية وكما موضح بالشكل يبين ان اوطأ المستويات (E_1) يحتوي على اكبر عدد من الذرات (25 ذرة) في حين تضم اعلى المستويات (E_8) اقل عدد من الذرات (1 ذرة) .

التوزيع المعكوس



س / وضح كيف يمكن الحصول على التوزيع المعكوس ؟

ج / اذا كان النظام الذري غير متزن حراريا فان عدد الذرات في المستويات العليا للطاقة اكثر مما عليه في المستويات الواطئة للطاقة وهذا يخالف توزيع بولتزمان اي ان توزيع الذرات في هذه الحال يكون بشكل معكوس لذا تسمى هذه العملية بالتوزيع المعكوس والتي تزيد من احتمالية الانبعاث المحفز وهذه العملية هي أساس توليد الليزر وتحصل عندما يكون هناك شدة ضخ كافية ويتحقق ذلك بوجود مستوى طاقة ذي عمر زمني أطول نسبياً ويسمى هذا المستوى بالمستوى شبه المستقر .

مثال 3

اذا كان فرق الطاقة بين المستويين يساوي (kT) عند درجة حرارة الغرفة احسب عدد الالكترونات N_2 بدلالة N_1 ؟

الحل /

$$\frac{N_2}{N_1} = \exp\left[\frac{-(E_2 - E_1)}{kT}\right] \Rightarrow \frac{N_2}{N_1} = \exp-\left[\frac{kT}{kT}\right]$$

$$\frac{N_2}{N_1} = \exp(-1) \Rightarrow \frac{N_2}{N_1} = e^{-1} \Rightarrow N_2 = 0.37\ N_1$$

اي انه في الحالة الاعتيادية يكون عدد الذرات N_1 في المستوى E_1 اكثر من عدد الذرات N_2 في المستوى E_2 ($N_1 > N_2$) .

مثال 4

وضح رياضيا انه لا يتحقق التوزيع المعكوس عندما تكون الطاقة الحرارية (kT) مساوية لطاقة الفوتون الساقط ؟

الحل /

$$\frac{N_2}{N_1} = \exp\left[\frac{-(E_2 - E_1)}{kT}\right]$$

$$E_2 - E_1 = hf$$

$$kT = hf$$

$$\frac{N_2}{N_1} = \exp-\left[\frac{hf}{hf}\right] = \exp(-1) \Rightarrow \frac{N_2}{N_1} = 0.37 \Rightarrow N_2 = 0.37\ N_1 \Rightarrow N_1 > N_2$$

وبهذا لا يتحقق التوزيع المعكوس

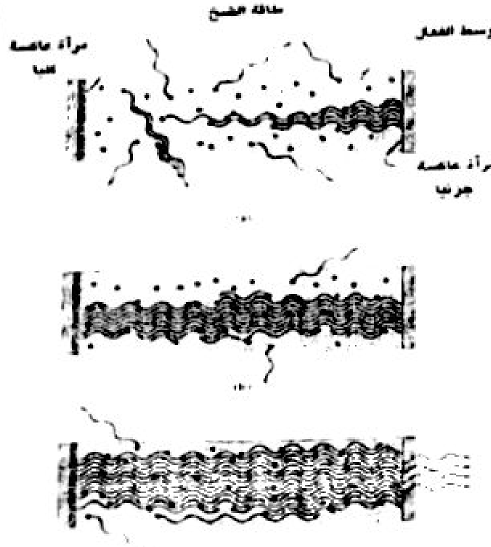
ملاحظات مهمة

1 - لغرض توليد ليزر يجب ان يكون عدد الذرات في مستويات التهيج اكبر مما عليه في مستويات الطاقة الواطئة وتسمى هذه العملية بالتوزيع المعكوس .

2 - لا يمكن الحصول على الانبعاث المحفز من غير حصول الانبعاث التلقائي اولاً .

3 - ان الفوتونات التي نحصل عليها من الانبعاث التلقائي والتي تسير بموازاة المحور البصري ضمن الوسط الفعال هي التي تحفز الذرات المتهيجة وتحثها على الانبعاث المحفز (توليد الليزر) .

مكونات جهاز الليزر :



س / ماهي أهم المكونات الرئيسة التي يشترط وجودها في أجهزة الليزر ؟

ج / 1 - الوسط الفعال . 2 - المرنان . 3 - تقنية الضخ .

1 - الوسط الفعال : هو ذرات او جزيئات او ايونات المادة بحالتها الغازية او السائلة او الصلبة والتي يمكن ان يحصل فيها التوزيع المعكوس عندما يجهز الوسط الفعال بالشدة الكافية لتهيجه .

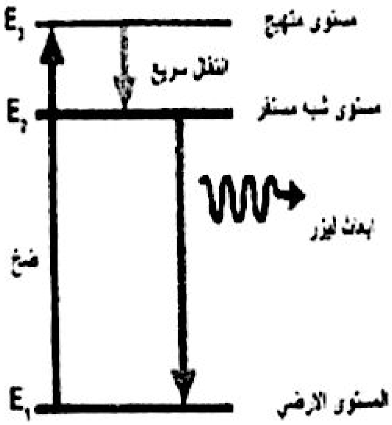
2 - المرنان : تجويف ذو تصميم مناسب يتكون من مراتين توضع المادة الفعالة بينهما وتصمم المرآتان بحيث تكونان متقابلتين احداهما عاكسة كليا للضوء تقريبا والثانية عاكسة جزئيا (تعتمد قيمة انعكاسيتها على الطول الموجي لضوء الليزر المتولد) لذا فان الشعاع الساقط على احدهما ينعكس للمحور الأساس للمرآتين ثم يسقط على المرآة الاخرى وينعكس عنها وهكذا تتعاقب انعكاسات الاشعة داخل المرنان ، وفي كل انعكاس تحصل عملية الانبعاث المحفز وبذلك يزداد عدد الفوتونات المتولدة بالانبعاث المحفز بعدد هائل فيحصل التضخيم . وتسمح المرآة ذات الانعكاس الجزئي بنفاذية معينة من الضوء الساقط عليها خارج المرنان اما بقية الضوء فتعكسه مرة أخرى داخل المرنان لإدامة عملية التضخيم . كما موضح في الشكل علاه .

3 - تقنية الضخ : وهي التقنية التي يمكن بوساطتها تجويز الطاقة لذرات الوسط الفعال لنقلها من مستوى الاستقرار الى مستوى التهيج . ممكن بوساطتها الحصول على الطاقة الضاخة لإثارة الذرات المستقرة في الوسط لكي يتحقق حالة التوزيع المعكوس المناسب الذي يضمن توليد الليزر . وهناك ثلاثة انواع من تقنية الضخ هي :

a - تقنية الضخ الضوئي	b - تقنية الضخ الكهربائي	c تقنية الضخ الكيميائي
يستعمل الضخ الضوئي للحصول على ليزرات تعمل ضمن المنطقة المرئية او تحت الحمراء القريبة من الطيف الكهرومغناطيسي ، كليزر الياقوت وليزر النيديميوم اذ تستعمل مصابيح وميضية او مستمرة الإضاءة شدة استضاءتها عالية لإثارة الوسط الفعال ، تصنع جدران المصابيح الومضية من مادة الكوارتز بغازات مختلفة تبعا لنوع الوسط الفعال وتكون بأشكال مختلفة حلزونية او مستقيمة . كما توجد تقنية أخرى للضخ الضوئي تستعمل فيها شعاع ليزر معين ليقوم هذا الشعاع بضخ الوسط الفعال لتحقيق التوزيع المعكوس والحصول على ليزر ذي طول موجي يختلف عن الطول الموجي لشعاع الليزر الضاخ .	تستعمل هذه التقنية عن طريق التفريغ الكهربائي للغاز الموضوع داخل أنبوبة التفريغ الكهربائي اذ يطبق بين قطبيها فرق جهد عال حيث تصطدم الالكترونات المعجلة مع ذرات او جزيئات الغاز فتسبب في تهيجها وانتقالها الى مستويات طاقة أعلى . تستعمل هذه الطريقة غالباً في الليزرات الغازية ، كما يمكن استعمال تقنية الضخ الكهربائي في إنتاج ليزر شبه الموصل .	في هذه التقنية يكون التفاعل الكيميائي بين مكونات الوسط الفعال اساس توفير الطاقة اللازمة لتوليد الليزر اذ لا تحتاج الى وجود مصدر خارجي للقدرة .

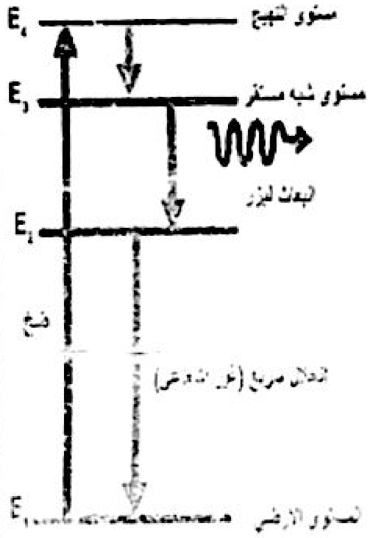
منظومات مستويات الليزر : يمكن تصنيف منظومات الليزر تبعا لمستويات الطاقة التي تشترك لاتمام عملية التوزيع المعكوس للوسط الفعال الى منظومتين : 1 - المنظومة ثلاثية المستوى . 2 - المنظومة رباعية المستوى .

1 - المنظومة ثلاثية المستويات :



تشترك في هذه المنظومة ثلاثة مستويات للطاقة ، وهي المستوى الارضي للطاقة (E_1) ومستوى الطاقة الوسطي (E_2) (وهو المستوى شبه مستقر) ومستوى طاقة التهيج (E_3) عندما تكون معظم الذرات او الجزيئات موجودة في المستوى الأرضي للطاقة (E_1) يعني ان الوسط الفعال في حالة استقرار ، اما عند تهيج الوسط الفعال بوساطة احدى طرائق الضخ المناسبة ، فان هذه الذرات او الجزيئات سوف تنتقل الى مستوى التهيج (E_3) والذي يكون زمن العمر له قصير بحدود (10^{-8} S) ولضمان توليد الليزر ينبغي ان تكون طاقة الضخ كافية لتحقيق التوزيع المعكوس . وسرعان ما تهبط هذه الذرات تلقائيا وبشكل سريع من المستوى (E_3) الى المستوى شبه المستقر (E_2) بانبعاث حراري ، والذي زمن العمر له اطول وبحدود (10^{-6} S) مما يؤدي الى تجمع عدد الذرات في المستوى E_2 اكبر مما هو عليه في المستوى الارضي E_1 فيتحقق عندئذ التوزيع المعكوس بين هذين المستويين فيحدث الانبعاث المحفز لأشعة الليزر ان هذه الانظمة تتطلب طاقة ضخ عالية ليصبح طاقة عدد الذرات في مستوى التهيج اكبر من عدد الذرات في المستوى الارضي للحصول على التوزيع المعكوس .

2 - المنظومة رباعية المستويات :



تشترك في هذه المنظومة اربعة مستويات للطاقة (E_4 , E_3 , E_2 , E_1) وفي هذه العملية يقوم ضخ ذرات المنظومة من المستوى الارضي للطاقة (E_1) الى مستوى التهيج للطاقة (E_4) وبذلك تتجمع الذرات في المستوى (E_3) (وهو مستوى الطاقة شبه المستقر في هذه المنظومة) عندها يتحقق التوزيع المعكوس بين المستويين (E_3) و (E_2) باقل عدد من الذرات في المستوى (E_3) . اذ يكون المستوى (E_2) شبه فارغ من الذرات بسبب الهبوط السريع للذرات ومن هذا يتبين ان هذه المنظومة تتطلب طاقة ضخ اقل لتحقيق عملية التوزيع المعكوس مقارنة مع منظومة ثلاثية المستويات

س / ايهما افضل لتوليد الليزر منظومة المستويات الثلاثية او منظومة المستويات الاربعة ؟ ولماذا ؟
ج / منظومة المستويات الاربعة هي الأفضل .
لانها تتطلب طاقة ضخ اقل لتحقيق عملية التوزيع المعكوس مقارنة مع منظومة ثلاثية المستويات .

انواع الليزر : هنالك أنواع مختلفة من الليزر ومنه :

1 - ليزر الحالة الصلبة : مثل ليزر الياقوت وليزر النيدميوم .

2 - ليزر الحالة الغازية : مثل ليزر الهيليوم - نيون وليزر غاز ثنائي اوكسيد الكاربون .

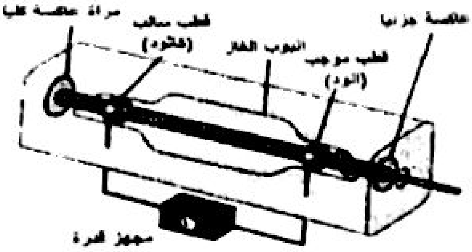
3 - ليزر الإكسايمر : (تعد ليزرات الإكسايمر صنفا مفيدا ومهما من الليزات الجزينية التي تستثمر الانتقالات الحاصلة بين حالتين الكترونيتين مختلفتين ، وتطلق على انواع الليزرات التي تستعمل الغازات النبيلة مثل غاز الزينون والكربتون او الاركون او الفلور مع ذرة هالوجين لتكوين هاليد الغاز مثل (ArF , KrF , XeCl) .
تنتج هذه الغازات اشعة ليزر ذات اطوال موجية في مدى الاشعة فوق البنفسجية .

4 - ليزر الصبغة : وهي الليزرات التي تكون فيها المادة الفعالة بحالة سائلة من محاليل مركبات معينة اصبغة عضوية مثل الرودامين (rodamine 6 G) مذابة في سوائل مثل كحول مثيلي او كحول اثيلي ، تنتج ليزر يمكن التحكم في الطول الموجي الصادر عنه .

5 - ليزر اشباه الموصلات : مثل ليزر زرنيخيد الكاليوم .

6 - الليزر الكيميائي : هو الليزر الذي يحدث فيه التوزيع المعكوس بالتفاعل الكيميائي مباشرة مثل ليزر فلوريد الديتيريوم .

الليزرات الغازية : تتضمن منظومات الليزرات الغازية ثلاثة مكونات رئيسية وهي



1 - أنبوبة التفريغ : تحتوي على الوسط الغازي الفعال .
2 - مجهز القدرة : يساعد على تهيج الوسط الفعال عبر قطبين كهربائيين .
3 - المرنان : يساعد على زيادة التوزيع العكسي في الوسط الفعال بواسطة التغذية الراجعة .

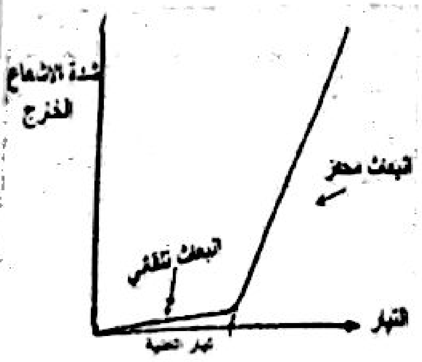
س / ما انواع الليزرات الغازية مع ذكر الطول الموجي لشعاع الليزر لبعض منها ؟

ج / 1 - الليزرات الذرية : مثل ليزر الهيليوم – نيون (He – Ne) . ويتم الحصول على اربع خطوط ليزرية اطوالها الموجية :
(632.8 nm) و (1153 nm) و (543 nm) و (339 nm)

2 - الليزرات الايونية : مثل ليزر ايونات الاركون (Ar^+) وليزر ايونات الكربتون (Kr^+) .

3 - الليزرات الجزيئية : مثل ليزر ثنائي اوكسيد الكاربون . ويتم الحصول على خطين ليزريين طولهما الموجي :
(9.6 μm) و (10.6 μm)

	نوع الليزر	الوسط الفعال	نوع الضخ	نظام المستويات	ملاحظات
الليزرات الغازية	ليزر الهليوم - نيون	يتكون من خليط غازي من غاز النيون والهليوم موضوعين في انبوبة زجاجية بنسب معينة وتحت ضغط اذ تعد ذرات النيون مسؤولة مباشرة عن توليد الليزر ، في حين ان ذرات الهليوم لها دور مساعد ومهم في ميكانيكية تهيج ذرات النيون .	الضخ الكهربائي او التفريغ الكهربائي	المنظومة رباعية المستويات	يعد من الليزرات الذرية وذات قدرة واطئة جداً (0.5 – 50) mW يبعث اربع خطوط ليزرية .
الليزرات الغازية	ليزر ثنائي اوكسيد الكاربون	يتكون من خليط من غاز ثنائي اوكسيد الكاربون وغاز النتروجين وغاز الهليوم بنسب معينة	الضخ الكهربائي او التفريغ الكهربائي		يعد من الليزرات الجزيئية وذات قدرة عالية جداً (1 mW – 60 kW)تصل كفاءته الى 30 % يبعث خطين ليزريين
الليزرات الصلبة	ليزر الياقوت	يتكون من بلورة اسطوانية صلدة من الياقوت والتي تتكون من اوكسيد الالمنيوم Al_2O_3 المطعم بأيونات الكروم Cr^{+3} بنسبة 5 % من الوزن الكلي بتركيز ايونات فعالة حوالي ($10^{22}/m^3$)	الضخ الضوئي (المصباح الوميضي)	المنظومة ثلاثية المستويات	يعد ليزر الياقوت الاحمر اول ليزر في العالم صنع عام 1964
الليزرات الصلبة	ليزر النيديميوم ياك	يتكون من مادة اوكسيد اليتريوم المنيوم $Y_3Al_5O_{12}$ المطعمة بأيونات النيديميوم Nd^{+3} بنسبة لاتتجاوز 1.5 %	الضخ الضوئي	المنظومة رباعية المستويات	يبعث ثلاثة خطوط ليزرية . 914.2 nm 1060 nm 1359 nm
	ليزر اشباه الموصلات	يتكون الوسط الفعال لهذه الليزرات من مواد شبه موصلة مانحة وقابلة وتمثل حزمة التوصيل مستوى الليزر العلوي وحزمة التكافؤ مستوى الليزر السفلي	الضخ الكهربائي		هذا الليزر يبعث في المنطقة تحت الحمراء القريبة حول الطول الموجي 850 μm



س / وضح كيف الانبعاث المحفز في ليزر اشباه الموصلات ؟

ج /عند تسليط فولطية بانحياز مناسبة أمامي على المادة الفعالة لشبه الموصل (pn) المستعملة لانتاج الليزر ، يزداد مقدار التيار المنساب فيه ابتداءاً من الصفر بصورة تدريجية فيحصل انبعاث تلقائي في البداية فيكون الإشعاع المنبعث في البداية ذا طيف عريض ويتناقص عرض الطيف الليزري بشكل ملحوظ مع زيادة التيار المنساب خلاله نتيجة لحصول الفعل الليزري (عندما يجتاز تيار العتبة) بحيث يصبح الخط الطيفي رفيعا عند قيمة معينة للتيار ويعرف بتيار العتبة اذ تبدأ اشعة الليزر بالانبعاث عند قيمة اكبر بقليل من تيار العتبة . كما موضح بالشكل المقابل .

س / وضح كيف تتم عملية التوزيع المعكوس في ليزر اشباه الموصلات ؟

ج / تتم في حالة تطعيم خاصة وعندما تزداد الفجوات في حزمة التكافؤ وتزداد الالكترونات في حزمة التوصيل .

ملاحظة : تعد مادة كاليوم ارسنايد (GaAs) من المواد شبه الموصلة التي تستعمل كقاعدة لتصنيع ليزرات اشباه الموصلات .

بعض تطبيقات الليزر :

1 - التطبيقات الصناعية : يعد الليزر اداة فعالة لصناعة وتهذيب الكثير من المكونات كالمقاومات والمتسعات والترانزستورات ولعمل اقنعة الدوائر المتكاملة وفي تثقيب المعادن وقطعها ولحامها وتعود اهمية استعمال الليزر في الالكترونات الدقيقة الى إمكانية حصر الحرارة في بقع صغيرة للغاية وتتم هذه المعالجات بدون لمس المكونات وبدون التاثير في الاجزاء المجاورة لها ومن استعمالات الليزر لحام المواد الصلبة والنشطة والمواد التي تتمتع بدرجة انصهار عالية مع امتيازها بدقة التصنيع بسبب اطلاقها لحزمة كثيفة ضيقة مركزة ، كما تستطيع اشعة الليزر فتح ثقب قطره $5\ \mu m$ خلال $200\ \mu S$ في اشد المواد صلابة (الماس والياقوت الاحمر التيتانيوم) وبفضل قصر مدة التاثير لا يحدث اي تغير في طبيعة المادة .

2 - التطبيقات الطبية : تستعمل الليزر في الجراحة ، التجميل ، ومعالجة امراض العيون ، والاستئصال والتصوير الاحيائي ، وطب جراحة الفم والاسنان كما يستعمل الليزر مشرطا جراحيا لإجراء العمليات الجراحية ويعد ليزر ثنائي اوكسيد الكاربون من اشهر الليزرات المستعملة في الجراحة العامة ويمتاز بإمكانية عالية لتبخير الأنسجة الحية وقطعها ، ان شعاع هذا الليزر غير مرئي لذا تستعمل معه حزمة الهيليوم نيون الأحمر للاستدلال على موقع واتجاه الحزمة في اثناء إجراء العملية الجراحية .

3 - يمكن استعمال الليزر مصدرا طيفيا عالي النقاوة : لدراسة طيف امتصاص المواد .

4 - يمكن استثمار اتجاهية شعاع الليزر وانتقاله بخطوط مستقيمة الى مسافات بعيدة في تطبيقات عديدة : اذ لعب دورا مهما في عمليات المسح والترصيف للاعمال الهندسة كتشيد العمارات والمباني والانشاءات الميكانيكية والصناعات الضخمة وكذلك استعماله لايجاد الانحرافات التي تحل في سطوح السدود والجسور . كما يستعمل الليزر بنجاح كبير في عمليات رصف الانابيب وشق القنوات والانفاق والطرق ومسح الاراضي وتسويتها .

5 - يستعمل ليزرات عديدة لقياس تلوث البيئة : كاستعمال ليزر الياقوت لكشف نسبة وجود بخار الماء وثنائي اوكسيد الكاربون وثنائي اوكسيد الفسفور وقياسها .

6 - يستعمل الليزر للتصوير المجسم : اذ يعد التصوير المجسم من افضل تقنيات فن التصوير الذي بواسطته يمكن الحصول على صور مجسمة واقرب ما تكون الى الحقيقة وذات ثلاثة ابعاد طول وعرض وارتفاع اذ تسجل سعة الموجات الضوئية المنعكسة من الجسم وطورها ليظهر بثلاثة ابعاد على شبكة العين بينما في التصوير الاعتيادي تسجل شدة الأشعة فقط .

7 - الليزر بقدرته الهائلة والسيطرة على اختيار تردده او طوله الموجي يعطي فتحا جديدا في مجال العلوم النووية لفصل النظائر المشعة ، وكذلك في مجال التفاعلات الاندماجية النووية .

8 - يستطيع الليزر التعرف على الرموز المختلفة : سواء كانت كتابات معينة او رموزا تجارية او مصطلحات مخفية ، اذ ان شعاعه الدقيق يمكن ان تتحرك حول الرموز ، ويمكن الحزم المنعكسة شمنها او النافذة بأجهزة خاصة تعطي صورة دقيقة عن ماهية هذه المعلومات واذا ربطت هذه الاجهزة بالكومبيوتر استطاع اليا برمجة عمله لاعطاء الكشف الواضح او نسخ ونقل المعلومات .

9 - تستعمل الة النقش بالليزر الثلاثية الابعاد في النقش والنحت وصناعة الهدايا التذكارية : كالنحت على الزجاج والكريستال ، الجوائز والميداليات ،هدايا تذكارية هدايا عيد ميلاد ، هدايا تخرج ، وصورالرحلات)معلقات الكريستال ، القلادات ، صور الاعراس ، اثار الاقدام واليدين للمواليد الجدد ...الخ .

10- التطبيقات التجارية : يستعمل الليزر في الإعلانات الضوئية ،الطابعات الليزرية وقارئات الاقراص الليزرية .

11- في الاتصالات الليزرية : يستعمل الليزر بشكل مباشر في الجو للاتصالات القريبة وذات المسافات المحدودة فمثلا استعمالات الليزر بنجاح لارسال صور تلفزيونية الى مسافات تصل الى حدود وذلك بسبب ظواهر التشتت والامتصاص التي تحصل لشعاع الليزر عند مروره في الجو بسبب احتوائه على ذرات الغبار وبعض الاجسام الاخرى التي تسبب تشتتا لحزمة الليزر فلذلك يعد الفضاء الخارجي مجالا مناسبا لإرسال حزمة الليزر ونقلها اذ يستعمل شعاع الليزر في نقل المعلومات لمسافات بعيدة بواسطة الالياف البصرية مناسبة جدا باستعمال طرائق التضمين والكشف .

12- يستعمل في مختبرات البحوث التطبيقية .

13- التطبيقات العسكرية : يستعمل في التوجيه والتتبع وقياس المسافات بدقة متناهية سواء المسافات القصيرة والطويلة وذلك باستعمال اجهزة مقدرة المدى اذ يستعمل الطول الموجي لليزر(YACs) او ليزر ثنائي اوكسيد الكاربون لان لهما القدرة على النفاذ في الجو .

1 اختر العبارة الصحيحة لكل من العبارات الآتية :

1 - يبين نموذج بور للذرة ان :
(a) العناصر الغازية متماثلة في اطيافها الذرية .
(b) العناصر الصلبة المتوهجة متماثلة في اطيافها الذرية .
(c) العناصر السائلة المتوهجة متماثلة في اطيافها الذرية .
(d) لكل عنصر طيف ذري خاص به .

2 - عندما تثار الذرة بطاقة اشعاعية متصلة فان الذرة :
(a) تمتص الطاقة الاشعاعية كلها .
(b) تمتص الطاقة المناسبة لإثارة ذراتها .
(c) تمتص الطاقة بشكل مستمر .
(d) ولا واحدة منها .

3 - نحصل على سلسلة لايمان في طيف الهيدروجين عند انتقال :
(a) الكترون ذو الهيدروجين من مستويات الطاقة (E_2 , E_3 , E_4 , E_5) الى المستوى الاول للطاقة .
(b) الكترون ذو الهيدروجين من مستويات الطاقة (E_2 , E_3 , E_4 , E_5) الى المستوى الثاني للطاقة .
(c) الكترون ذرة الهيدروجين من مستويات الطاقة العليا الى المستوى الثالث للطاقة .

4 - في الحالة الطبيعية للمادة وحسب توزيع بولتزمان تكون :
(a) معظم الذرات في المستويات العليا للطاقة .
(b) معظم الذرات في المستويات الواطئة للطاقة .
(c) عدد الذرات في المستوى الارضي اقل من عدد الذرات في المستويات الاعلى للطاقة .
(d) عدد الذرات في مستوى التهيج اكبر من عدد الذرات في المستوى الأرضي .

5 - طيف ذرة الهيدروجين هو طيف :
(a) مستمراً . (b) امتصاصاً خطياً . (c) خطياً . (d) حزمياً .

6 - مقدار الزيادة في الطول الموجي لفوتونات الاشعة السينية المستطارة بواسطة الالكترونات الحرة تعتمد :
(a) طول موجة الفوتون الساقط . (b) سرعة الضوء .
(c) كتلة الالكترون . (d) زاوية الاستطارة .
(e) نوع المعدن المستطيل

7 - تكون قدرة الضخ عالية عندما تعمل منظومة الليزر بنظام:
(a) ثلاث مستويات . (b) مستويين .
(c) اربعة مستويات . (d) أي عدد من المستويات .

8 - يمكن استعمال عملية الضخ الكهربائي عندما يكون الوسط الفعال في الحالة : (a) الصلبة . (b) الغازية .
(c) السائلة . (d) أي وسط فعال .

9 - يحدث الفعل الليزري عند حدوث انبعاث :
(a) تلقائي ومحفز . (b) محفز وتلقائي .
(c) تلقائي فقط . (d) محفز فقط .

10 - تعتمد عملية قياس المدى باستعمال اشعة الليزر على احد خواصه وهي : (a) التشاكه . (b) الاستقطاب .
(c) احادية الطول الموجي . (d) الاتجاهية .

2 علل ما يأتي : 1- تكون الأطوال الموجية في طيف الامتصاص لعنصر ما موجودة ايضا في طيف انبعاثه .
ج / لأنه عندما يمر الضوء المنبعث من مصدر طيفه مستمر خلال بخار غير متوهج (او مادة نفاذه) يمتص من الطيف المستمر الأطوال الموجية التي يبعثها هو فيما لو كان متوهجاً وعندها نحصل على طيف امتصاص .

2- يفضل استعمال الليزر على الطرائق الاعتيادية في عمليات القطع واللحام والتثقيب .
ج / بسبب ان حزمة أشعة الليزر كثيفة ضيقة مركزة لذا يمكن استعمالها في :
اولاً : فتح ثقب قطره ($5\ \mu m$) خلال ($200\ \mu S$) في اشد المواد صلابة وبفضل قصر مدة التأثير لا يحدث اي تغير في طبيعة المادة .
ثانياً : في الالكترونات الدقيقة الى إمكانية حصر الحرارة في بقع صغيرة للغاية من غير لمس المكونات وبدون التأثير في الأجزاء المجاورة لها في أثناء اللحام والقطع .
ثالثاً : لحام المواد الصلبة والنشطة والمواد التي تتمتع بدرجة انصهار عالية مع امتيازها بدرجة التصنيع .

3 - تأثير كومبتن هو من احدى الادلة التي تؤكد السلوك الدقائقي للأشعة الكهرومغناطيسية . الجواب / في صفحة (5)

4 - في أنتاج الأشعة السينية يصنع الهدف من مادة درجة انصهارها عالية جداً . الجواب / في صفحة (4)

3 ما أسس عمل الليزر ؟ الجواب / في صـفـ(7)ـحـة

4 وضح كيف يمكن الحصول على التوزيع المعكوس ؟ الجواب / في صـفـ(8)ـحـة

5 ما خصائص شعاع الليزر ؟ الجواب / في صـفـ(7)ـحـة

6 ما انواع الليزرات الغازية مع ذكر الطول الموجي لشعاع الليزر لبعض منها ؟ الجواب / في صـفـ(11)ـحـة

7 ما التصوير المجسم (الهولوغرافي) وبماذا يتميز عن التصوير العادي ؟

ج / التصوير المجسم يعد من افضل تقنيات فن التصوير الذي بواسطته يمكن الحصول على صور مجسمة واقرب ما تكون الى الحقيقة وذات ثلاثة ابعاد (طول وعرض وارتفاع) .

يتميز التصوير المجسم : حيث يتم تسجيل سعة الموجات الضوئية المنعكسة من الجسم وطورها ليظهر بثلاثة ابعاد على شبكة العين .

بينما في التصوير الاعتيادي : يتم تسجيل شدة الأشعة فقط .

حـــل مســـائل الـــفصل الثامن

1 احسب الزخم الزاوي لالكترون ذرة الهيدروجين عندما يكون في المدار الاول مرة ، وعندما يكون في المدار الثاني مرة اخرى ؟

الحل /

$$L_n = n\left(\frac{h}{2\pi}\right) \Rightarrow L_1 = 1 \times \left(\frac{6.63 \times 10^{-34}}{2 \times 3.14}\right) = 1.05573 \times 10^{-34} \ J.s$$

$$L_n = n\left(\frac{h}{2\pi}\right) \Rightarrow L_2 = 2 \times \left(\frac{6.63 \times 10^{-34}}{2 \times 3.14}\right) = 2.11146 \times 10^{-34} \ J.s$$

2 ما مقدار الطاقة بوحدات (eV) لفوتون من ضوء طوله الموجي (4.5×10^{-7} m) ؟

الحل /

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{8}}{4.5 \times 10^{-7}} = 4.42 \times 10^{-19} \ J$$

$$E = \frac{4.42 \times 10^{-19}}{1.6 \times 10^{-19}} = 2.7625 \ eV$$

3 احسب عدد الذرات في مستوى الطاقة الاعلى في درجة حرارة الغرفة اذا كان عدد ذرات المستوى الأرضي 500 ذرة ؟

الحل /

$$\frac{N_2}{N_1} = \exp\left[\frac{-(E_2 - E_1)}{kT}\right] \Rightarrow \frac{N_2}{N_1} = \exp -\left[\frac{kT}{kT}\right]$$

$$\frac{N_2}{N_1} = \exp(-1) \Rightarrow \frac{N_2}{500} = e^{-1} \Rightarrow N_2 = 0.37 \times 500 = 185 \text{ ذرة}$$

4 ما تردد الفوتون المنبعث عند انتقال الكترون ذرة الهيدروجين من مستوى الطاقة ($E_4 = -0.85$ eV) الى مستوى الطاقة ($E_2 = -3.4$ eV) ؟

الحل /

$$hf = E_4 - E_2 \qquad 6.63 \times 10^{-34} \times f = (-0.85 - (-3.4)) \ 1.6 \times 10^{-19}$$

$$f = \frac{2.55 \times 1.6 \times 10^{-19}}{6.63 \times 10^{-34}} = 0.615 \times 10^{15} \ Hz$$

5 ما الطاقة الحركية العظمى للالكترون وما سرعته في انبوبة اشعة سينية تعمل بجهد (30 k v) ؟

الحل /

$$KE_{max} = eV = 1.6 \times 10^{-19} \times 30 \times 10^{3} = 48 \times 10^{-16}\ J$$

$$KE_{max} = \frac{1}{2} m V^2 \quad \Rightarrow \quad 48 \times 10^{-16} = \frac{1}{2} \times 9.11 \times 10^{-31} \times V_{max}^2$$

$$V_{max}^2 = 10.54 \times 10^{15} \quad \Rightarrow \quad V_{max} = 10.26645 \times 10^{7}\ m/s$$

6 ما مقدار اعظم تردد للفوتون الأشعة السينية المتولد اذا سلط فرق جهد مقداره (40 k v) على قطبي الأنبوبة ؟

الحل /

$$f_{max} = \frac{eV}{h} = \frac{1.6 \times 10^{-19} \times 40 \times 10^{3}}{6.63 \times 10^{-34}} = 9.65 \times 10^{18}\ Hz$$

7 ما مقدار الزيادة الحاصلة في طول الموجة الفوتون المستطار (في تاثير كومبتن) اذا استطار بزاوية (90°)

مع العلم ان : ثابت بلانك = (6.63×10^{-34} J.s) كتلة الالكترون = (9.11×10^{-31} Kg)

سرعة الضوء في الفراغ ($C = 3 \times 10^{8}$ m/s)

الحل /

$$\Delta \lambda = \lambda' - \lambda = \frac{h}{m_e c}(1 - \cos\theta)$$

$$\Delta \lambda = \lambda' - \lambda = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{9.11 \times 10^{-31} \times 3 \times 10^{8}}(1 - \cos 90^\circ)$$

$$\Delta \lambda = \lambda' - \lambda = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{9.11 \times 10^{-31} \times 3 \times 10^{8}}(1 - 0) = 0.24 \times 10^{-11}\ m = 0.24 \times 10^{-2}\ nm$$

8 ما الفرق بين طاقة المستوى الارضي وطاقة المستوى الذي يليه (الاعلى منه) بوحدات (eV) لنظام ذري في حالة الاتزان الحراري ، اذا كانت درجة حرارة غرفة (16 C°) ؟

الحل / عند درجة حرارة الغرفة فأن فرق الطاقة بين المستوى الارضي وطاقة المستوى الذي يليه يساوي (k T)

$$T = 16 + 273 = 289\ K$$

$$E_2 - E_1 = kT = 1.38 \times 10^{-23} \times 289 = 398.82 \times 10^{-23}\ J$$

$$E_2 - E_1 = \frac{398.82 \times 10^{-23}}{1.6 \times 10^{-19}} = 249.26 \times 10^{-4}\ eV$$

9 اذا كان الفرق بين مستوى الطاقة المستقر (الارضي) هو مستوى الطاقة الذي يليه (الاعلى منه) يساوي (0.025 eV) لنظام ذري في حالة الاتزان الحراري وعند درجة حرارة الغرفة ، جد حرارة تلك الغرفة بالمقياس السيليزي ؟

الحل / عند درجة حرارة الغرفة فأن فرق الطاقة بين المستوى الارضي وطاقة المستوى الذي يليه يساوي (k T)

$$E_2 - E_1 = kT \quad \Rightarrow \quad 0.025 \times 1.6 \times 10^{-19} = 1.38 \times 10^{-23} \times T$$

$$0.025 \times 1.6 \times 10^{-19} = 1.38 \times 10^{-23} \times T$$

$$T = \frac{0.04 \times 10^{-19}}{1.38 \times 10^{-23}} = 289.9\ K \quad \Rightarrow \quad 289.9 = C + 273 \quad \Rightarrow \quad C = 16.9^\circ C$$

مسيرتي في السادس

https://telegram.me/T_S_M

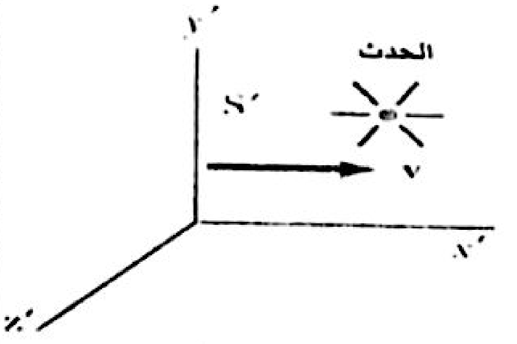
فصل التاسع

الفيزياء الكلاسيكية : تهتم بدراسة الأجسام التي تتحرك بسرعات اقل بكثير من سرعة الضوء في الفراغ والتي تخضع لقوانين نيوتن .

النظرية النسبية الخاصة : تهتم بدراسة الأجسام التي تتحرك بسرعات عالية جداً والتي تقترب من سرعة الضوء في الفراغ والتي تخضع لقوانين النظرية النسبية. واقترحها العالم اينشتاين عام 1905 .

س / لماذا تعد النظرية النسبية من اكثر النظريات اثارة ؟

ج / لانها أحدثت العديد من التغيرات على مفاهيم الفيزياء الكلاسيكية وطبيعة الجسيمات النووية وبعض الظواهر الكونية .

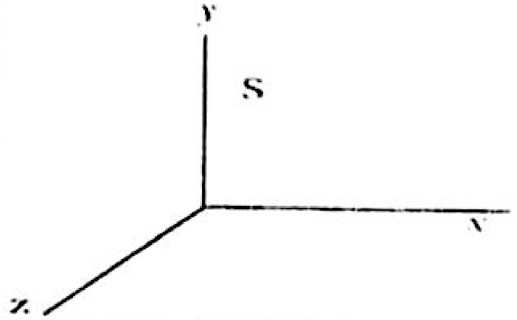


س / ما المقصود بكل من : (أطار الإسناد) و (اطر الإسناد القصورية) ؟

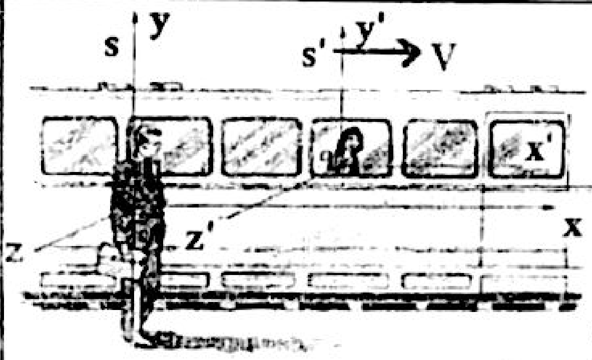
ج / أطار الإسناد : وهو الموقع الذي يقوم فيه شخص ما برصد حدث ما في زمن معين .
هذا الشخص سنطلق عليه تسمية مراقب لأنه يرصد الحدث ويقوم بالقياسات .

اطر الإسناد القصورية : هي تلك الأطر التي تتحرك بسرعة ثابتة نسبة لبعضها البعض .

وفقا للنظرية النسبية فأن رصد حدث ما في الفضاء بدقة يتم بتحديد موقعه وزمنه باستعمال أربعة احداثيات هي (x , y , z , t) اذ تمثل (x , y , z) احداثيات الموقع .
اما (t) فهو احداثي الزمن تم فيه القياس .



فعلى سبيل المثال عند وصف حدث فيزيائي معين نعتمد اطار إسناد يسمى (S) وعندما تتحرك الاجسام بسرعة ثابتة نسبة لبعضها بعض فيطلق على هذه الاطر المتحركه اطر الإسناد القصورية والشكل المقابل يبين إطاري الإسناد (S) و (S') .
اذ يكونان متطابقين في لحظة بدء القياس ، ويتحرك اطار الإسناد (S') بسرعة ثابتة (v) نسبة الى إطار الإسناد (S) وباتجاه المحور (x) .



س / كيف تنظر النظرية الكلاسيكية والنظرية النسبية الى مفهوم الحركة النسبية ؟

ج / نفترض ان مراقبا في أطار إسناد معين يراقب حدثا في أطار إسناد أخر يتحرك بسرعة ثابتة نسبة لإطار إسناده . كما في الشكل المجاور .
ان الميكانيك الكلاسيكي افترض ان الزمن المقاس للحدث هو ذاته في كلا الإطارين القصوريين وان قياس الزمن يمرر بنفس المعدل بغض النظر عن سرعة حركة إطاري الإسناد اي ان المدة الزمنية بين حدثين متعاقبين يجب ان تكون واحدة لكلا الراصدين ، وعلى الرغم من ان هذا الفرض ربما يبدو واضحا وفقا للنظرية الكلاسيكية الا انه يصبح غير صحيح عندما تكون فيها سرعة حركة الجسم مقاربة او يمكن مقارنتها بسرعة الضوء حيث يجب في هذه الحالة اعتماد فرضيات النظرية النسبية .

س / علام تعتمد النظرية النسبية الخاصة ؟

ج / تعتمد النظرية النسبية الخاصة على فرضيتين او مبدأين أساسيين هما :

1- ان قوانين الفيزياء يجب ان تكون واحدة في جميع اطر الإسناد القصورية . ومعنى هذا ان اي نوع من القياسات التي تجرى في إطار إسناد في حالة سكون لابد ان تعطي نتيجة واحدة عندما تجرى في إطار إسناد أخر يتحرك بسرعة منتظمة بالنسبة للأول .

2- سرعة الضوء في الفراغ مقدار ثابت ($3 \times 10^8 \; m / S$) في جميع اطر الإسناد القصورية بغض النظر عن سرعة المراقب او سرعة مصدر انبعاث الضوء .

تعتبر هذه الفرضية استنتاجا مهما للتجربة المشهورة التى أجراها العالمان ما يكلسون ومورلي عام 1887 والتي اثبتت ان سرعة الضوء ثابتة عند انتقاله بالاتجاهات المختلفة اذ لا يتوافر الاثير .

س / ما المقصود بـ (الأثير) ؟

ج / وهو وسط افتراضي هلامي غير مرئي كان يعتقد سابقا انه يملأ الفضاء اذ تم في حينه افتراضه لتفسير الآلية التي ينتقل بها الضوء .

س / ما المقصود بـ (النسبي) ؟

ج / هو شيء يراد رصده بالنسبة لإطار إسناد بحيث يختلف (موقعه او مقداره او وصفه) باختلاف اطر الإسناد .

تحويلات غاليلو ومعامل لورنتز

س / ماهي الشروط الأساسية الثلاث التي ارتكزت عليها تحويلات غاليلو بين إطاري الإسناد (S , S′) ؟

ج / 1- توازي محاور الإسناد الثلاث . (x // x′) و (y // y′) و (z // z′) .

2- السرعة التي يتحرك بها الإطار (s′) تكون ثابتة . (v = constant) .

3- ثبوت مقدار الزمن في جميع الأطر القصورية . (t = t′) .

س / ماذا برهن العالم لورنتز من دراسته لحركة الجسيمات المادية في المجال الكهرومغناطيسي ؟

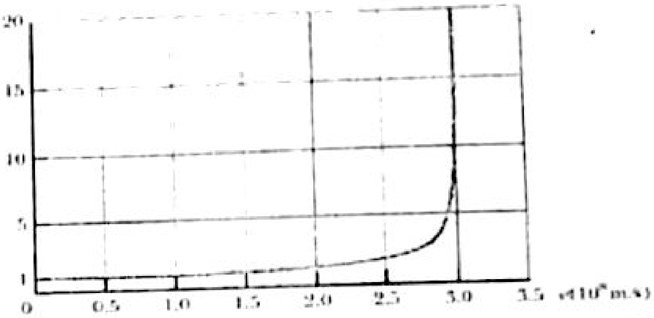
ج / 1 - برهن ان سرعة الجسيمات في المجال الكهرومغناطيسي لها تأثير مهم في قياس الأبعاد الفيزيائية للجسم .

2 - برهن بوجود عامل تصحيحي يجب اعتماده في علاقة إطاري الإسناد (S , S′) .

وقد تم تسمية العامل التصحيحي بمعامل لورنتز ويرمز له بالرمز (γ) ويعطى بالعلاقة :

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)}}$$

حيث ان : v تمثل سرعة الجسيم . c تمثل سرعة الضوء في الفراغ .



الشكل المجاور يمثل رسم بياني لقيم (γ) بدلالة سرع مختلفة .

فعند اقتراب السرعة من سرعة الضوء

نلاحظ اقتراب قيم (γ) من اللانهاية .

س / ما هي اهم النتائج المترتبة على النظرية النسبية الخاصة ؟

ج / في الفيزياء الكلاسيكية فان قياس بعض الكميات كالطول والزمن والكتلة لا يعتمد على سكون او حركة الراصد الذي يقوم بعملية القياس اما في حالة فيزياء النظرية النسبية فان الأجسام المتحركة بسرعة تقترب من سرعة الضوء بالنسبة لراصد ساكن تعاني تغيرا في مقادير هذه الكميات

ملاحظة تخص تحويلات غاليلو والتحويلات النسبية

تحويلات غاليلو	التحويلات النسبية
1 - تحويلات غاليلو صحيحة للسرع الصغيرة جداً بالنسبة لسرعة الضوء ولا تصح للسرع التي تقترب من سرعة الضوء .	1 - التحويلات النسبية صحيحة للسرع التي تقترب من سرعة الضوء وكذلك للسرع الصغيرة جداً .
2 - يمكن تطبيقها على قوانين الميكانيك الكلاسيكي . ولا يمكن تطبيقها على القوانين الكهرومغناطيسية .	2 - يمكن تطبيقها على القوانين الكهرومغناطيسية وقوانين الميكانيك الكلاسيكي .
3 - تحويلات غاليلو تعتبر الزمن كمية مطلقة (ثابت) . أي ان المراقبين يستخدمان نفس الزمن وقياساته لا تعتمد على حركة المراقب .	3 - التحويلات النسبية تعتبر الزمن كمية نسبية (متغير) . ويعتمد على حالة سكون اوحركة المراقب بالنسبة للحادثتين .
4 - تحويلات غاليلو تعتبر الكميات كالطول والزمن والكتلة ثابتة لا تتغير . لا يعتمد على سكون او حركة الراصد (المراقب) الذي يقوم بعملية القياس .	4 - التحويلات النسبية تعتبر الكميات كالطول والزمن والكتلة غير ثابتة . تتغير مع سرعة الجسم بالنسبة لراصد ساكن .

ملاحظة : وان القوانين النسبية التالية يمكن تطبيقها على سرعة الأجسام المتحركة كافة سواء تلك ذي السرع العالية جدا ولغاية الاقتراب من سرعة الضوء ، ومن تطبيقات المهمة للنظرية النسبية وهي تمدد الزمن والانكماش الطولي والكتلة النسبية وتكافؤ الكتلة والزخم والطاقة والتي تتأثر قيمها لسرعة الجسم .

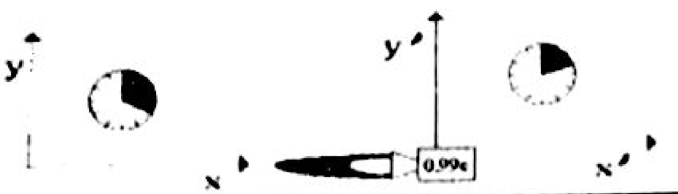
1 - نسبية الزمن (او تمدد الزمن) :

في الميكانيك الكلاسيكي لا يعتمد زمن حدوث حدث فيزيائي على حركة من يرصد هذه الحدث .
اما بالنسبة لفيزياء النظرية النسبية الخاصة فان زمن حدوث حدث ما يختلف بحسب وضع الراصد .
فان الزمن الذي سجله الراصد المتحرك يختلف عن الزمن الذي سجله راصد ساكن .
وان العلاقة بين الزمن الذي سجله راصد متحرك بنفس الحدث (t) تعطى بالعلاقة الآتية :

$$t = \frac{t_o}{\sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)}}$$

حيث ان : t_o يمثل زمن الحدث الذي يسجله راصد متحرك بنفس سرعة الحدث .
t يمثل الزمن الذي يسجله راصد ساكن .

ونلاحظ من الشكل المقابل ان زمن الحدث الذي يسجله راصد متحرك بنفس سرعة الحدث اقل من الزمن الذي يسجله راصد ساكن (الحادث متحرك بالنسبة له) .



ومن المعادلة اعلاه نجد أن :

أولاً : ($t = t_o$) عندما تكون $0 \le v \le 0.01\,C$ (للسرع الواطئة جداً) .

ثانياً : ($t = \infty$) عندما تكون $v = C$

ثالثاً : ($t > t_o$) عندما تكون $0.01\,C < v < C$ (للسرع العالية جداً) .

مثال 1

سافر رائد فضاء بسرعة ثابتة مقدارها (0.99 C) اي قريبة جدا من سرعة الضوء ثم عاد الى الأرض بعد ان أمضى في سفره وبحسب تقويمه الخاص داخل مركبته خمس سنوات . احسب عمره كما يراه اهل الأرض ؟

الحل /

$$t = \frac{t_o}{\sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)}} = \frac{5}{\sqrt{\left(1 - \frac{(0.99\ C)^2}{(3 \times 10^8)^2}\right)}} = 35.4 \text{ year}$$

اي ان مدة السنوات الخمس التي قضاها في السفر عادلت فترة 35.4 year قضاه اقرانه على الأرض .

مثال 2

من المعلوم ان اقرب نجم الى المنظومة الشمسية هو النجم سانتوري يبعد عن الارض (4.3 Light year) سنة ضوئية جد
1 - السرعة التي يمكن لسفينة فضائية بالوصول الى هذا النجم خلال (7.448 year) كما يقيسها ركاب السفينة أنفسهم ؟
2 - الفترة الزمنية المقاسة من قبل سكان الأرض ؟ علما ان سرعة الضوء في الفراغ تساوي (3×10^8 m / S)

($\gamma = 1.155$)

الحل /

1 - $\gamma = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)}} = 1.155$ ⟹ بالتربيع $\frac{1}{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)} = 1.334$ ⟹ $\frac{1}{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)} = \frac{4}{3}$

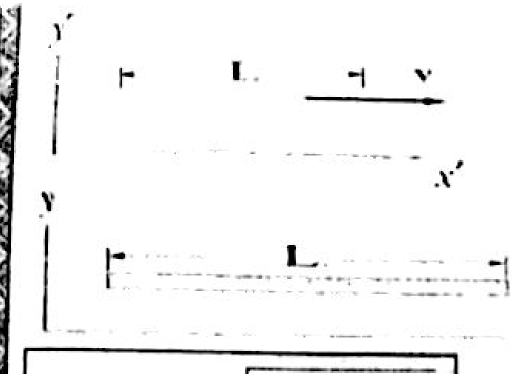
$3 = 4 - 4\left(\frac{v^2}{c^2}\right)$ ⟹ $4\left(\frac{v^2}{c^2}\right) = 1$ ⟹ $\frac{v^2}{c^2} = \frac{1}{4}$ ⟹ بالجذر $\frac{v}{C} = \frac{1}{2}$ ⟹ $v = 1.5 \times 10^8$ m / S

2 - $t = \frac{t_o}{\sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)}}$ ⟹ $t = \gamma\, t_o = 7.448 \times 1.155$ ⟹ $t = 8.6$ year الزمن المقاس من قبل سكان الأرض

(حل اخر) $t = \frac{X}{v} = \frac{4.3\ LY}{1.5 \times 10^8} = \frac{4.3 \times 3 \times 10^8 \times 365 \times 24 \times 3600}{1.5 \times 10^8} = 2.712 \times 10^8$ S

$t = (2.712 \times 10^8 \ / \ 365 \times 24 \times 3600) = 8.6$ year

2 - نسبية الطول (او انكماش الطول) :



ان الفترات الزمنية ليست بفترات ثابتة بل تختلف قياساتها باختلاف اطر الإسناد المتحركة التي يتم فيها القياس كما موضح سابقاً وينطبق هذا أيضا على الأطوال .

لقياس طول معين في إطار إسناد ثابت مختلف عن القياسات اذا كان إطار الإسناد متحرك اذ ان الأجسام المتحركة بالنسبة لراصد ساكن تعاني انكماشا (تقلصا في الطول) باتجاه حركتها كما في الشكل المقابل . ومعنى هذا ان اكبر طول يمكن قياسه لجسم ما هو في أثناء سكونه .

ومقدار طول الجسم المتحرك (L) مقارنة بطوله وهو ساكن ($L_\circ$) يعطى بالعلاقة التالية :

$$L = L_\circ \sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)}$$

س / هل يمكن ؟ ولماذا ؟ ان يكون الطول النسبي L اكبر من الطول الحقيقي $L_\circ$ ؟

ج / كلا . لان مقدار داخل الجذر هو دائماً اقل من الواحد فان الطول النسبي (L) يكون دائما اقل من الطول الحقيقي ($L_\circ$) .

ومن المعادلة اعلاه نجد أن :

اولاً : ($L \approx L_\circ$) عندما تكون $0 \le v \le 0.01\,C$ (للسرع الواطئة جداً) .

ثانياً : ($L \approx 0$) عندما تكون $v = C$

ثالثاً : ($L < L_\circ$) عندما تكون $0.01\,C < v < C$ (للسرع العالية جداً) .

مثال 3

سفينة فضائية طولها على الأرض (50 m) فكم يصبح طولها عندما تتحرك بسرعة (0.9 C) ؟

الحل / $L = L_\circ \sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)} = 50 \sqrt{\left(1 - \frac{(0.9\ C)^2}{C^2}\right)} = 21.8\ m$

مثال 4

جسم طوله (4 m) في حالة سكون ، احسب طوله الذي يقيسه راصد ساكن عندما يتحرك الجسم بسرعة تعادل (0.7) من سرعة الضوء اي (0.7 C) ؟

الحل / $L = L_\circ \sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)} = 4 \sqrt{\left(1 - \frac{(0.7\ C)^2}{C^2}\right)} = 4 \times 0.71 = 2.84\ m$

مثال خارجي 5

صاروخ طوله على الأرض (20 m) واثناء الطيران ينقص طوله بمقدار (0.4 m) بالنسبة لمراقب على الأرض . جد سرعة الصاروخ ؟

الحل /

$\Delta L = L_\circ - L$

$0.4 = 20 - L \Rightarrow L = 19.6\ m$

$L = L_\circ \sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)} \Rightarrow 19.6 = 20 \sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)} \Rightarrow 0.98 = \sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)}$

$0.9604 = \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right) \Rightarrow \frac{v^2}{c^2} \cong 0.04 \Rightarrow v = 0.2\ C$

3 - الكتلة النسبية (تغير الكتلة مع السرعة) :

ومن النتائج المهمة للنظرية النسبية الخاصة هي اعتبار الكتلة كدالة من دوال السرعة اي ان الكتلة ليست كمية ثابتة بل هي مقدار متغير تبعاً لسرعتها ويمكن حساب تغير الكتلة على وفق العلاقة الآتية :

$$m = \frac{m_\circ}{\sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)}}$$

حيث ان : $m_\circ$ هي كتلة الجسم في حالة السكون (الكتلة السكونية) .

m هي كتلة الجسم المتحرك بسرعة v (الكتلة النسبية) .

ومن المعادلة اعلاه نجد أن :

اولاً : $(m \approx m_\circ)$ عندما تكون $0 \leq v \leq 0.01\,C$ (للسرع الواطئة جداً) .

ثانياً : $(m = \infty)$ عندما تكون $v = C$

ثالثاً : $(m > m_\circ)$ عندما تكون $0.01\,C < v < C$ (للسرع العالية جداً) .

نستنتج من النتائج المذكورة آنفا انه في السرع الصغيرة نسبة الى سرعة الضوء فانه لايمكن التحسس بزيادة الكتلة اما في السرع القريبة من سرعة الضوء فان الأمر يختلف كثيرا وهذا بعض مما أثبتته التجارب في الفيزياء النووية .

مثال 6

جسم كتلته (1 kg) احسب كتلته في الحالات الثلاث الآتية : (a) اذا كانت سرعته تساوي (1000 m / S) ؟
(b) اذا كانت سرعته تساوي (0.9 C) ؟
(c) اذا كانت سرعته تساوي (0.99 C) ؟

الحل /

(a) $$m = \frac{m_\circ}{\sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{10^3}{3 \times 10^8}\right)^2}} = 1.000000000005\ \text{kg}$$

(b) $$m = \frac{m_\circ}{\sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)}} = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{(0.9\ c)^2}{c^2}\right)}} = 2.2942\ \text{kg}$$

(c) $$m = \frac{m_\circ}{\sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)}} = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{(0.99\ c)^2}{c^2}\right)}} = 7.0888\ \text{kg}$$

مثال خارجي 7

ما هي السرعة التي يجب ان يسير بها جسيم كتلته النسبية ضعف كتلته السكونية ؟

الحل /

$$m = 2\,m_\circ$$

$$m = \frac{m_\circ}{\sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)}} \Rightarrow 2\,m_\circ = \frac{m_\circ}{\sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)}} \Rightarrow \sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)} = \frac{1}{2}$$

$$\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right) = \frac{1}{4} \Rightarrow \frac{v^2}{c^2} = 0.75 \Rightarrow v = 0.866\ C$$

ملاحظة

- ان الفيزياء النووية قد اسهمت كثيرا في اثبات صحة هذه القوانين ومن اهم التجارب الملموسة هي في مجالات الإشعاعات النووية وهي الجسيمات المنطلقة من بعض المواد المشعة مثل اليورانيوم او الراديوم وهي دقائق مادية متناهية في الصغر تنطلق بسرع قريبة من سرعة الضوء فتزداد كتلتها بما يتفق مع معادلة الكتلة النسبية .

تكافؤ الكتلة والطاقة :

استطاع العالم اينشتاين من وضع معادلته الشهيرة : $E = m C^2$

وتنص هذه المعادلة على ان مقدارا ضئيلاً جداً من الكتلة يعطي طاقة هائلة .
فالطاقة الناتجة من كتلة معينة تساوي حاصل ضرب هذه الكتلة في مربع سرعة الضوء مما ينتج عنه كمية كبيرة جداً من الطاقة .

لقد فسرت هذه المعادلة سر طاقة النجوم وعمرها الطويل فهي تفقد كمية قليلة جداً من مادتها لتعطي طاقة تمد به الفضاء المحيط بها بأجمعه .

واستطاع الإنسان استعمال مبدأ هذه المعادلة في بناء وتشغيل المفاعلات النووية وكذلك في إنتاج الأسلحة النووية ، اذ يعتمد الاثنان على مبدأ الانشطار النووي اذ ان النواة المنشطرة الواحدة تحرر طاقة مقدارها نحو (200 MeV) اي ما يعادل (3.2×10^{-11} J) وهذه الطاقة المتحررة تنتج عن استهلاك (3.56×10^{-28} kg) من المادة فقط .

مثال 8

ما كمية الطاقة التي يمكن الحصول عليها عند تحول غرام واحد كلياً من المادة الى طاقة ؟

الحل /

$$E = m C^2 = 1 \times 10^{-3} \times (3 \times 10^8)^2 = 9 \times 10^{13} \text{ J}$$

ملاحظة

1 - في المثال اعلاه يتبين ان مقدار الطاقة كبير جداً وبالإمكان مقارنته بكمية الطاقة الكهربائية المستهلكة من قبل عائلة عراقية فاذا كان معدل الاستهلاك هو (1000 kwh) في الشهر الواحد فأن هذا يعادل (3.6×10^9 J) وبقسمة الطاقة المنتجة على الطاقة المستهلكة نحصل على الأشهر المكافئة اي :

$$\frac{9 \times 10^{13}}{3.6 \times 10^9} = 2.5 \times 10^4 \text{ months}$$

وهذا يعني ان الطاقة الناتجة من تحول غرام واحد فقط من المادة الى طاقة ستكفي هذه العائلة لاكثر من الفي سنة تشغيل كهربائي .

2 - ان نسبة ما تفقده الشمس في الثانية الواحدة من كتلتها هو 2.191×10^{-21} فقط وهذا يعادل اكثر من اربعة مليارات كيلو غرام (4.2×10^9 kg) . وان هذه الطاقة المنتجة تكفي لاستهلاك جميع دول العالم من الكهرباء لمدة مليون سنة .

س / هنالك قول يقول ان المادة لا تفنى ولا تستحدث فهل تعتقد ان هذا صحيح ؟
ج / كلا . اذ يمكن تحويل الطاقة الى مادة وتحويل المادة الى طاقة .
فعند ظهور نقص في المادة ظهرت زيادة في الطاقة وعند ظهور نقص في الطاقة ظهرت زيادة في المادة .

س / هل تتأثر كتلة ساق معدني ساخن جدا اذا تم تبريده من درجة ($2000°$ C) الى درجة حرارة الغرفة ؟
ج / نعم . لان طاقة الجسم تتنسب مع الأس الرابع لدرجة حرارته المطلقة وان الكتلة في مفهوم النظرية الخاصة تتناسب مع الطاقة حسب قانون اينشتاين ($E = m C^2$) .

الميكانيك النسبي :

ان النظرية النسبية تؤكد على ضرورة تغيير صيغ وقوانين معظم المفاهيم الخاصة بالفيزياء الكلاسيكية بالنسبة الى الأجسام المتحركة بسرعة عالية جدا الى صيغ وقوانين نسبية وكالآتي :

الزخم النسبي الخطي (P_{rel})	الطاقة الحركية النسبية $(KE)_{rel}$	الطاقة النسبية الكلية $(E)_{rel}$
هو حاصل ضرب الكتلة النسبية لجسم (m) في مقدار السرعة (v) التي يتحرك بها هذا الجسم . و يعطى بالعلاقة أدناه :	ان مقدار الطاقة الحركية النسبية KE_{rel} كما برهنها اينشتاين لا تساوي ($\frac{1}{2} m v^2$) كما هو الحال في الميكانيك الكلاسيكي بل تساوي الفرق بين الطاقة النسبية الكلية للجسيم والطاقة السكونية للجسيم اي ان : $(KE)_{rel} = mc^2 - m_\circ c^2$	ان الطاقة النسبية الكلية E_{rel} لجسيم يتحرك بسرعة (v) تساوي حاصل جمع الطاقة الحركية النسبية $(KE)_{rel}$ والطاقة السكونية $m_\circ c^2$ لذلك الجسيم . $E_{rel} = (KE)_{rel} + m_\circ c^2$
$P_{rel} = mv = \frac{m_\circ v}{\sqrt{(1 - \frac{v^2}{c^2})}}$	$(KE)_{rel} = (\frac{1}{\sqrt{(1 - \frac{v^2}{c^2})}} - 1) m_\circ c^2$	$(E)_{rel} = \frac{m_\circ c^2}{\sqrt{(1 - \frac{v^2}{c^2})}}$

العلاقة بين الطاقة النسبية الكلية والزخم النسبي الخطي

$$(E_{rel})^2 = (P_{rel})^2 c^2 + m_\circ^2 c^4$$

ملاحظات

1 - في حالة الجسيم الساكن (سرعته تساوي صفرا) وفي اي اطار إسناد فان الطاقة الكلية النسبية للجسيم تساوي $E_{rel} = m_\circ c^2$ ونستنتج من علاقة اينشتاين هذه بان الطاقة الكلية النسبية للجسيم الساكن تساوي الطاقة السكونية له .

2 - تستعمل المعادلة الأخيرة (العلاقة بين الطاقة والزخم) بشكل خاص بالأنوية والذرات .

3 - تستعمل وحدات الالكترون فولط (eV) او مضاعفاته ($MeV = 10^6\ eV$) للتعبير عن الطاقة الكلية .

4 - تستعمل وحدات (eV/ c) او (MeV/ c) للتعبير عن الزخم .

5 - تستعمل وحدات (eV/ C^2) او (MeV/ C^2) للتعبير عن الطاقة النسبية ($E_{rel} = m c^2$) .

خلاصة الفصل التاسع

برهن العالم لورنتز : 1 - ان سرعة الجسيمات في المجال الكهرومغناطيسي لها تأثير مهم في قياس الإبعاد الفيزيائية للجسم . 2 - وجود عامل تصحيحي يجب اعتماده في علاقة إطاري الإسناد $(S\ ,\ S')$. وقد تم تسميته بمعامل لورنتز ويرمز له بالرمز (γ) ويعطى بالعلاقة :

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)}}$$

في الفيزياء الكلاسيكية فان قياس بعض الكميات كالطول والزمن والكتلة لا يعتمد على سكون او حركة الراصد الذي يقوم بعملية القياس . اما في حالة فيزياء النظرية النسبية فان الأجسام المتحركة بسرعة تقترب من سرعة الضوء بالنسبة لراصد ساكن تعاني تغيرا في مقادير هذه الكميات . وكما موضح في الجدول ادناه :

	1 - نسبية الزمن (تمدد الزمن)	2 - نسبية الطول (انكماش الطول)	3 - الكتلة النسبية (تغير الكتلة مع السرعة)
التغيرات التي تحصل للزمن والطول والكتلة عندما تتحرك الأجسام بسرعة :	$t = \frac{t_\circ}{\sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)}}$	$L = L_\circ \sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)}$	$m = \frac{m_\circ}{\sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)}}$
$0 \leq v \leq 0.01C$	$(t = t_\circ)$	$(L \approx L_\circ)$	$(m \approx m_\circ)$
$v = C$	$(t = \infty)$	$(L \approx 0)$	$(m = \infty)$
$0.01C < v < C$	$(t > t_\circ)$	$(L < L_\circ)$	$(m > m_\circ)$

استطاع العالم اينشتاين من وضع معادلته الشهيرة وتنص ان مقدارا ضئيلاً جداً من الكتلة يعطي طاقة هائلة .

$$E = m\,c^2$$

ان النظرية النسبية تؤكد على ضرورة تغيير صيغ وقوانين معظم المفاهيم الخاصة بالفيزياء الكلاسيكية بالنسبة الى الأجسام المتحركة بسرعة عالية جدا الى صيغ وقوانين نسبية وكما موضح في الجدول ادناه :

الزخم النسبي الخطي (P_{rel})	الطاقة الحركية النسبية $(KE)_{rel}$	الطاقة النسبية الكلية $(E)_{rel}$
هو حاصل ضرب الكتلة النسبية لجسم (m) في مقدار السرعة التي يتحرك بها هذا الجسم . و يعطى بالعلاقة أدناه :	ان مقدار الطاقة الحركية النسبية KE_{rel} تساوي الفرق بين الطاقة النسبية الكلية للجسيم والطاقة السكونية للجسيم اي ان : $(KE)_{rel} = mc^2 - m_\circ c^2$	ان الطاقة النسبية الكلية E_{rel} تساوي حاصل جمع الطاقة الحركية النسبية والطاقة السكونية للجسيم اي ان : $E_{rel} = (KE)_{rel} + m_\circ c^2$
$P_{rel} = mv = \frac{m_\circ v}{\sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)}}$	$(KE)_{rel} = \left(\frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)}} - 1\right) m_\circ c^2$	$(E)_{rel} = \frac{m_\circ c^2}{\sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)}}$

العلاقة بين الطاقة النسبية الكلية والزخم الخطي

$$(E_{rel})^2 = (P_{rel})^2 c^2 + m_\circ^2 c^4$$

حل اسئلة الفصل التاسع

1 اختر العبارة الصحيحة لكل من العبارات الآتية :

1 - اي من الكميات التالية تعد ثابتة حسب النظرية النسبية :
(a) سرعة الضوء . (b) الزمن .
(c) الكتلة . (d) الطول .

2 - تطلق مركبة فضائية سرعتها (0.9 C) شعاعا ضوئيا فالسرعة النسبية لهذا الشعاع الذي يقوم برصده طاقم مركبة فضائية اخرى تسير بشكل موازٍ للمركبة الفضائية الاولى وبالاتجاه نفسه وبالسرعة نفسها :
(a) (0.9 C) . (b) (1.8 C) .
(c) (1.6 C) . (d) (C) .

3 - وفقا لنظرية اينشتاين النسبية الخاصة فان :
(a) الزمان والمكان هما تعبيران متلازمان .
(b) الطاقة والكتلة هما تعبيران متلازمان .
(c) الزمان والطاقة تعبيران متلازمان .
(d) الطاقة والكتلة تعبيران غير متلازمان .

4 - وفقا لنظرية اينشتاين النسبية الخاصة فان جميع قوانين الفيزياء واحدة في اطر القياس التي تكون سرعتها :
(a) بتعجيل منتظم . (b) منتظمة وثابتة .
(c) غير منتظمة ومتذبذبة . (d) دورانية .

5 - الطاقة الحركية النسبية تساوي :
(a) $\frac{1}{2} m v^2$ (b) $\frac{1}{2} m C^2$
(c) $(m - m_\circ) C^2$ (d) $(v^2 - C^2) m_\circ$

6 - الطاقة النسبية الكلية تساوي :
(a) $m^2 - m_\circ C^2$ (b) $PC - m_\circ C^2$
(c) $(P_{rel})^2 C^2 + m_\circ^{\ 2} C^4$ (d) $m_\circ C^2 + (KE)_{rel}$

7 - وفقا لمعادلة اينشتاين الشهيرة بالتكافؤ الكتلة والطاقة فان :
(a) $E = m^2 C$ (b) $E = C^2 m^2$
(c) $E = m C^2$ (d) $E = m C$

8 - ساعة تدق دقة واحدة كل ثانية ، فاذا كان طول الساعة 10 cm عندما تكون في حالة السكون ، فاذا تحركت هذه الساعة بسرعة (0.8 C) موازية الى طولها نسبة الى راصد ساكن فان الراصد يقيس الدقات وطول الساعة كالتالي تكون :
(a) اكبر من (1 S) وأطول من (10 cm) .
(b) اقل من (1 S) واطول من (10 cm) .
(c) اكبر من (1 S) واقصر من (10 cm) .
(d) اقل من (1 S) واقصر من (10 cm) .

9- وضعت ساق بموازاة المحور X وتحركت الساق بموازاة هذا المحور ايضا بانطلاق مقداره (0.8 C) فكان طولها الظاهري (1 m) فان طولها في اطار إسناد ساكن يكون :
(a) (0.5 m) . (b) (1.666 m) .
(c) (0.7 m) . (d) (0.8 m) .

10- اذا كنت في صاروخ متحرك بانطلاق (0.7 C) باتجاه نجم فاي انطلاق سوف يصلك ضوء هذا النجم :
(a) اصغر من C . (b) اكبر من C . (c) بسرعة الضوء في الفراغ .

2 جسيم يتحرك بسرعة منتظمة ثابتة $v = 0.6\ C$ ما النسبة بين مقدار الزخم النسبي P_{rel} ومقدار الزخم الكلاسيكي P_{cal} ؟

الحل

$$\frac{P_{rel}}{P_{cal}} = \frac{m v}{m_\circ v} = \frac{m_\circ v \Big/ \sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{C^2}\right)}}{m_\circ v} = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{C^2}\right)}} = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{(0.6\ C)^2}{C^2}\right)}} = \frac{1}{0.8} = \frac{5}{4}$$

3 هل تتأثر كتلة ساق معدني ساخن جدا اذا تم تبريده من درجة (2000° C) الى درجة حرارة الغرفة ؟

الجواب / في صفحة (6)

4 ما الفرق الأساسي بين تحويلات غاليلو والتحويلات النسبية ؟

ج / الفرق الأساس هو المقدار ($\gamma = \frac{1}{\sqrt{(1 - \frac{v^2}{c^2})}}$) وتاثيره في مقادير زخم الجسم وطول الجسم وكتلة الجسم والزمن المقاس وقد اطلقت تسمية (γ) بمعامل لورنتز . وكمثال على الكتلة النسبية : $m_{rel} = \gamma m_0 = \frac{m_o}{\sqrt{(1 - \frac{v^2}{c^2})}}$

---

5 هناك قول يقول ان المادة لا تفنى ولا تستحدث فهل تعتقد ان هذا صحيح ؟ الجواب / في صفحة (6)

---

6 هل يمكن لجسم ما من ان تصل سرعته الى سرعة الضوء في الفراغ ؟

ج / كلا . لا يمكن ان نتصور إمكانية الوصول الى سرعة الضوء لان ذلك يعني ان كتلة الجسم ستصبح مالا نهاية ، ولا توجد لدينا قوانين في الوقت الحاضر لتفسير حركتها .

حل مسائل الفصل التاسع

1 باتحاد غرام واحد من الهيدروجين مع ثمانية غرامات من الاوكسجين يتكون تقريبا تسع غرامات من الماء مع تحرر كمية (2.86×10^5 J) من الطاقة ، احسب كمية الكتلة المتحولة نتيجة هذا التفاعل ؟

الحل / $E = mc^2 \Rightarrow 2.86 \times 10^5 = m \times (3 \times 10^8)^2 \Rightarrow m = \frac{2.86 \times 10^5}{9 \times 10^{16}} = 0.317 \times 10^{-11}$ kg

---

2 اذا كان مقدار الطاقة المنتجة من الشمس في الثانية الواحدة هي (3.77×10^{26} W) فما مقدار ما تفقده الشمس من كتلة في الثانية الواحدة ؟

الحل / $E = mc^2 \Rightarrow 3.77 \times 10^{26} = m \times (3 \times 10^8)^2 \Rightarrow m = \frac{3.77 \times 10^{26}}{9 \times 10^{16}} = 0.41888 \times 10^{10}$ kg

---

3 يرسل رواد الفضاء رسالة الى محطة مراقبة على الأرض يبلغونهم انهم سينامون ساعة واحدة ثم يعاودون الاتصال بهم بعد ذلك مباشرة فاذا كانت سرعة المركبة (0.7 C) بالنسبة للأرض فما الزمن الذي يستغرقه رواد المركبة في النوم كما يقيسه مراقبون في محطة المراقبة على الأرض ؟

الحل / $t = \frac{t_o}{\sqrt{(1 - \frac{v^2}{c^2})}} = \frac{1}{\sqrt{(1 - \frac{(0.7\,c)^2}{c^2})}} = 1.4$ hours

---

4 مسطرة طولها (1 m) تسير بسرعة تبلغ نصف سرعة الضوء باتجاه طولها ما هو طول المسطرة بالنسبة لراصد ساكن على سطح الارض ؟

الحل / $L = L_o \sqrt{(1 - \frac{v^2}{c^2})} = 1 \sqrt{(1 - \frac{(0.5\,c)^2}{c^2})} = \sqrt{0.75} = 0.866$ m

---

5 اذا كان طول مركبة فضائية (25 m) عندما تكون ساكنة على سطح الارض و (15 m) عند مرورها بسرعة بالنسبة لراصد ساكن على سطح الأرض فما سرعة هذه المركبة الفضائية ؟

الحل / $L = L_o \sqrt{(1 - \frac{v^2}{c^2})} \Rightarrow 15 = 25 \sqrt{(1 - \frac{v^2}{c^2})} \Rightarrow 0.36 = (1 - \frac{v^2}{c^2}) \Rightarrow v = 0.8\,C$

6 ما الزيادة في كتلة بروتون ($m_\circ = 1.6726 \times 10^{-27}$ Kg) اذا كانت سرعته تساوي (0.9 C) ؟

الحل /

$$m = \frac{m_\circ}{\sqrt{(1 - \frac{v^2}{c^2})}} = \frac{1.6726 \times 10^{-27}}{\sqrt{(1 - \frac{(0.9\ c)^2}{c^2})}} = \frac{1.6726 \times 10^{-27}}{0.435} = 3.845 \times 10^{-27} \text{ Kg}$$

مقدار الزيادة $\Delta m = m - m_\circ = 3.845 \times 10^{-27} - 1.6726 \times 10^{-27} = 2.1724 \times 10^{-27}$ Kg

---

7 ما السرعة المطلوبة لزيادة كتلة جسم ما بمقدار (10 %) من كتلته السكونية ؟

الحل /

$$\Delta m = 10\ \%\ m_\circ \Rightarrow m - m_\circ = \frac{10}{100} m_\circ \Rightarrow m = 1.1\ m_\circ$$

$$m = \frac{m_\circ}{\sqrt{(1 - \frac{v^2}{c^2})}} \Rightarrow 1.1\ m_\circ = \frac{m_\circ}{\sqrt{(1 - \frac{v^2}{c^2})}} \Rightarrow \sqrt{(1 - \frac{v^2}{c^2})} = \frac{1}{1.1}$$

$$1 - \frac{v^2}{c^2} = \frac{1}{1.21} \Rightarrow \frac{v^2}{c^2} = 0.17355 \Rightarrow v = 0.4165\ C$$

---

8 برهن على ان الزيادة المئوية لكتلة جسم تساوي (15.47 %) اذا تحرك الجسم بسرعة تساوي نصف سرعة الضوء ؟

الحل /

$$m = \frac{m_\circ}{\sqrt{(1 - \frac{v^2}{c^2})}} = \frac{m_\circ}{\sqrt{(1 - \frac{(0.5\ c)^2}{c^2})}} = \frac{m_\circ}{0.866} = 1.1547\ m_\circ$$

النسبة المئوية للتغير $= \frac{\Delta m}{m_\circ} \times 100\ \%$

$$\frac{m - m_\circ}{m_\circ} \times 100\ \% = \frac{1.1547\ m_\circ - m_\circ}{m_\circ} \times 100\ \% = 15.47\ \%$$ (و . هـ . م)

---

9 يتحرك جسم طوله (2 m) بسرعة معينة مقدارها v فاذا علمت ان راصدا ساكنا بالنسبة الى الجسم قد قاس طوله فوجده يساوي (0.8 m) فكم هي السرعة التي يتحرك بها الجسم ؟

الحل /

$$L = L_\circ \sqrt{(1 - \frac{v^2}{c^2})}$$

$$0.8 = 2\sqrt{(1 - \frac{v^2}{c^2})} \Rightarrow 0.4 = \sqrt{(1 - \frac{v^2}{c^2})}$$

$$0.16 = (1 - \frac{v^2}{c^2}) \Rightarrow \frac{v}{c} = 0.92 \Rightarrow v = 0.92\ C$$

10 ما سرعة جسيم طاقته الحركية النسبية تساوي ثمانية أمثال طاقة كتلته السكونية ؟

الحل /

$(KE)_{rel} = 8\, m_\circ c^2$

$$(KE)_{rel} = \left(\frac{1}{\sqrt{(1 - \frac{v^2}{c^2})}} - 1\right) m_\circ c^2 \quad \Rightarrow \quad 8\, m_\circ c^2 = \left(\frac{1}{\sqrt{(1 - \frac{v^2}{c^2})}} - 1\right) m_\circ c^2$$

$$8 = \frac{1}{\sqrt{(1 - \frac{v^2}{c^2})}} - 1 \quad \Rightarrow \quad 9 = \frac{1}{\sqrt{(1 - \frac{v^2}{c^2})}} \quad \Rightarrow \quad \sqrt{(1 - \frac{v^2}{c^2})} = \frac{1}{9}$$

$$1 - \frac{v^2}{c^2} = \frac{1}{81} \quad \Rightarrow \quad v = 0.99\ C$$

---

11 ما سرعة الكترون اذا كانت طاقته الحركية النسبية تساوي (1.0 MeV) ؟

علما بأن كتلة الالكترون السكونية تساوي (9.11×10^{-31} Kg) ($1\ MeV = 1.6 \times 10^{-13}$ J)

الحل /

$$(KE)_{rel} = \left(\frac{1}{\sqrt{(1 - \frac{v^2}{c^2})}} - 1\right) m_\circ c^2 \quad \Rightarrow \quad \frac{(KE)_{rel}}{m_\circ c^2} = \frac{1}{\sqrt{(1 - \frac{v^2}{c^2})}} - 1$$

$$\frac{1.6 \times 10^{-13}}{9.11 \times 10^{-31} \times 9 \times 10^{16}} + 1 = \frac{1}{\sqrt{(1 - \frac{v^2}{c^2})}} \quad \Rightarrow \quad 2.95 = \frac{1}{\sqrt{(1 - \frac{v^2}{c^2})}}$$

$$\sqrt{(1 - \frac{v^2}{c^2})} = \frac{1}{2.95} \quad \Rightarrow \quad 1 - \frac{v^2}{c^2} = \frac{1}{8.7} \quad \Rightarrow \quad \frac{v^2}{c^2} = 1 - 0.1149$$

$$\frac{v^2}{c^2} = 0.8851 \quad \Rightarrow \quad v = 0.94\ C$$

---

12 سفينة فضاء سرعتها ($0.999\ C$) انطلقت من الارض الى النجم سانتوري الذي يبعد عن الأرض مسافة 4.3×10^{16} m ؛
احسب زمن الذهاب والإياب الذي تسجله ساعة مثبتة في السفينة وقارن بالزمن الذي تسجله الساعات الأرضية ؟

الحل /

$$t = \frac{2X}{v} = \frac{2 \times 4.3 \times 10^{16}}{0.999 \times 3 \times 10^{8}} = 2.87 \times 10^{8}\ S$$ زمن الذهاب والإياب

$$t = \frac{t_\circ}{\sqrt{(1 - \frac{v^2}{c^2})}} \quad \Rightarrow \quad t_\circ = t\sqrt{(1 - \frac{v^2}{c^2})} = 2.87 \times 10^{8} \sqrt{(1 - \frac{(0.999\, C)^2}{c^2})}$$

$$t_\circ = 2.87 \times 10^{8}\sqrt{0.002} = 2.87 \times 10^{8} \times 0.04476 = 0.12846 \times 10^{8}\ S$$

$$\frac{t}{t_\circ} = \frac{2.87 \times 10^{8}}{0.12846 \times 10^{8}} = 22.34 \quad \Rightarrow \quad t = 22.34\ t_\circ$$

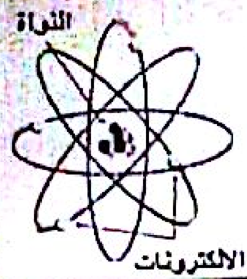
فصل العاشر

مقدمة : تعتبر النواة مخزناً واسعاً للطاقة .

وقد استثمرت هذه الطاقة النووية الهائلة للأغراض السلمية (كما في تحويل الطاقة النووية الى طاقة كهربائية) او لأغراض غير سلمية (كما في أنتاج الأسلحة النووية) .

وفي عام 1896 بدأ ميلاد الفيزياء النووية فقد اكتشف العالم الفرنسي هنري بيكريل النشاط الإشعاعي الطبيعي من مركبات اليورانيوم .

وفي عام 1911 اقترح العالم رذرفورد النموذج النووي للذرة فقد افترض ان الشحنات الموجبة تتركز في حيز صغير جداً موجود في مركز الذرة اطلق عليه اسم نواة . كما موضح في الشكل المقابل .



س / ما هو تركيب النواة ؟ وما خصائصها ؟

ج / ان النواة تتكون من جسيمات البروتونات الموجبة الشحنة وجسيمات النيوترونات المتعادلة الشحنة (شحنة النيوترون تساوي صفرا) اذ يطلق على البروتون او النيوترون بالنيوكليون (او بالنوية) ، اي ان النواة تتكون من النيوكليونات .

الخصائص : 1 - يرمز للبروتون بالرمز ($^{1}_{1}H$) او (P) وفي بعض الاحيان ($^{1}_{1}P$) ويرمز للنيوترون بالرمز ($^{1}_{0}n$) او (n) .

2 - ان عدد البروتونات في النواة يسمى بـ العدد الذري (Z) ويكتب عادة يسار رمز العنصر (او رمز النواة) من الاسفل .

3 - ان عدد النيوترونات في النواة يسمى بـ العدد النيوتروني (N) .

4 - ان مجموع عدد البروتونات والنيوترونات في النواة فيسمى العدد الكتلي (A) (وفي بعض الاحيان يسمى بعدد الكتلة) ويعطى على وفق العلاقة الآتية :

$$A = Z + N$$

يكتب العدد الكتلي (A) عادة يسار رمز النواة (X) الى أعلى وعلى الشكل الآتي : ($^{A}_{Z}X$) .

$^{27}_{13}Al$ 27(العدد الكتلي) 13(العدد الذري) (رمز النواة)

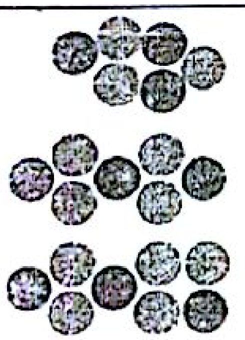
وكمثال توضيحي : فان نواة الالمنيوم التي عددها الذري يساوي (Z = 13) وعددها الكتلي يساوي (A = 27) فانه يرمز لها بالرمز ($^{27}_{13}Al$) . لاحظ الشكل المقابل . اذ ان الرمز (Al) يمثل رمز نواة الالمنيوم .

وبتطبيق العلاقة : $A = Z + N$ فنا نجد ان عدد نيوترونات نواة الالمنيوم (N) يساوي (14) نيوتروناً .

س / ما المقصود بنظائر العنصر ؟

ج / وهي نوى متساوية في العدد الذري وتختلف في عدد النيوترونات (او العدد الكتلي) .

وكمثال على ذلك فان ($^{6}_{3}Li$ ، $^{7}_{3}Li$ ، $^{8}_{3}Li$) يمثلون ثلاثة نظائر لعنصر الليثيوم . وكما موضح في الشكل المقابل .



ملاحظة - تشكل كتلة النواة نحو (99.9 %) من كتلة الذرة .

س / كيف تقاس كتل نوى الذرات ؟ وما وحدات قياس كتل نوى الذرات ؟

ج / تقاس كتل النوى بوساطة اجهزة دقيقة ومنها مطياف الكتلة .

وتقاس كتل نوى الذرات بوحدة مناسبة تسمى وحدة الكتلة الذرية (amu) او اختصارا (u) بدلاً من وحدة الكتلة غ ام المتعارف عليها والتي لا تتلائم مع قياسات الكتل الذرية والنووية الصغيرة جدا والتي تساوي ($1\ amu = 1\ u = 1.66 \times 10^{-27}\ Kg$)

وبما ان النواة تحتوي (A) من النيوكليونات وان كتلة النيوكليون مقاربة الى كتلة (1 u)

وبذلك فان كتلة النواة التقريبية (m') سوف تساوي ($A \times u$) .

س / ما العامل الذي يحدد وصف النواة بكونها ثقيلة ، او متوسطة ، او خفيفة ؟

ج / العامل هو عددها الكتلي (او كتلتها) كبير او متوسط او صغير على التوالي .

س / ما المقصود بـ (الكتل السكونية) ؟

ج / هي كتل الذرات المتعادلة والنوى والجسيمات (مثل البروتون ، النيوترون ، جسيمة الفا ..... الخ) .

ملاحظة : كثيرا ما يعبر علماء الفيزياء النووية عن الكتلة بما يكافئها من طاقة . اذ يمكن ايجاد الطاقة المكافئة للكتلة وذلك باستعمال علاقة اينشتاين المعروفة في تكافؤ (m) مع الطاقة (E) وبحسب العلاقة :

$$E = m c^2$$

ان علاقة الكتلة والطاقة هي علاقة تكافؤ وان الكتلة يمكن ان تتحول الى طاقة والعكس صحيح .

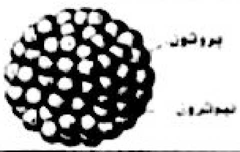
ملاحظة ان الطاقة المكافئة لكتلة مقدارها (1 u) قد وجد انها تساوي تقريباً (931 MeV)
ووفقاً لعلاقة الطاقة المكافئة فانه يمكننا كتابة العلاقة الآتية :

$$c^2 = 931 \left(\frac{MeV}{u} \right)$$

س / كيف يمكن ايجاد شحنة النواة ؟
ج / بما ان شحنة النيوترون تساوي صفراً لذلك فان شحنة النواة تساوي مجموع شحنات البروتونات الموجودة فيها . وبذلك تكون نواة اي ذرة شحنة موجبة وان مقدار شحنتها (q) تساوي (+ Ze) حيث (Z) هو العدد الذري للنواة و (+ e) هو شحنة البروتون والتي تساوي (1.6×10^{-19} C) اي ان :

$$q = Ze$$

مثال 1
جد مقدار شحنة نواة الذهب ($^{198}_{79}Au$) ؟ مع العلم ان شحنة البروتون تساوي (1.6×10^{-19} C)

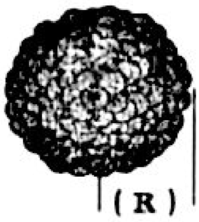


الحل /

$$Z = 79$$

$$q = Ze = 79 \times 1.6 \times 10^{-19} = 126.4 \times 10^{-19} \text{ C}$$

س / كيف يمكن ايجاد نصف قطر النواة ؟
ج / يتم ذلك بطرائق وتجارب عدة وان اول تجربة لتقدير حجم النواة ونصف قطرها كانت قد اجريت من قبل العالم رذرفورد وذلك عن طريق استطارة جسيمات الفا من نوى ذرات الذهب ، فقد توصل من هذه التجربة والعديد من التجارب الاخرى بعدها الى ان معظم نوى الذرات هي نوات شكل كروي تقريباً (وفي دراستنا الحالية لهذا الفصل سنعتبر ان شكل النواة هو كروي) وقد وجد ان نصف قطر النواة (R) يتغير تغيراً طردياً مع الجذر التكعيبي للعدد الكتلي (A) . كما في الشكل المقابل .



اي ان : ($R \propto A^{\frac{1}{3}}$) و يعطى بحسب العلاقة :

$$R = r_0 A^{\frac{1}{3}}$$

حيث ان (r_0) هو مقدار ثابت يسمى ثابت نصف القطر ويساوي (1.2×10^{-15} m) .

ولكون الابعاد النووية تقع في حدود (10^{-15} m) وهي ابعاد صغيرة جداً فقد وجد انه من المناسب استعمال وحدة للطول تسمى الفيمتومتر او الفيرمي (Fermi) ، (F) اذ ان $1 \text{ Fermi} = 1 \text{ F} = 10^{-15}$ m وبذلك يمكننا كتابة العلاقة السابقة بوحدة المتر (m) وبوحدة الفيرمي (F) وعلى الشكل الآتي :

$$R = \begin{cases} 1.2 \times 10^{-15} A^{\frac{1}{3}} \ (m) & \text{بوحدة} \\ 1.2 A^{\frac{1}{3}} \ (F) & \text{بوحدة} \end{cases}$$

مثال 2
جد نصف قطر نواة النحاس ($^{64}_{29}Cu$) بوحدة : (a) المتر (m) ؟ (b) الفيرمي (F) ؟

الحل / (a) ايجاد قطر النواة بوحدة المتر (m)
العدد الكتلي للنحاس يساوي (A = 64)

$$R = 1.2 \times 10^{-15} A^{\frac{1}{3}} = 1.2 \times 10^{-15} \sqrt[3]{64} = 1.2 \times 10^{-15} \times 4 = 4.8 \times 10^{-15} \text{ m}$$

(b) ايجاد قطر النواة بوحدة الفيرمي (F) :

$$1 \text{ F} = 10^{-15} \text{ m}$$

$$R = 4.8 \times 10^{-15} \times 10^{15} = 4.8 \text{ F}$$

/ كيف يمكن ايجاد حجم النواة ؟
باعتبار ان شكل النواة هو كروي ذات نصف قطر (R) نستخدم العلاقة التالية :

$$V = \frac{4}{3} \pi r_0^3 A \qquad V = \frac{4}{3} \pi R^3$$

/ كيف يمكن ايجاد كثافة النواة التقريبية ؟
بأستخدام العلاقة التالية :

$$\rho = \frac{m'}{V}$$

حيث ان : m' كتلة النواة التقريبية سوف تساوي (A × u) .

ملاحظة

وجد ان كثافة النواة التقريبية تساوي ($2.3 \times 10^{17} \frac{kg}{m^3}$) وبالمقارنة مع كثافة الماء التي تساوي ($10^3 \frac{kg}{m^3}$)
فان كثافة النواة تساوي تقريباً (2.3×10^{14}) مرة بقدر كثافة الماء وهذه القيمة بلا شك قيمة كبيرة جداً .

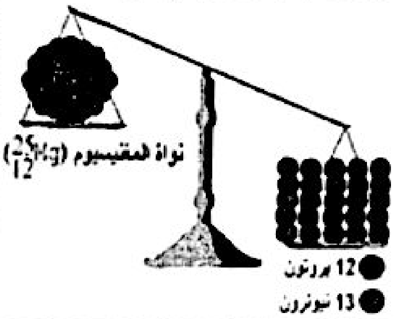
طاقة الربط (الارتباط) النووية

س / لماذا لا تتنافر البروتونات على الرغم من تشابهها بالشحنة ؟ او س / كيف تحافظ النواة على تماسكها وترابطها؟
ج / بسبب وجود قوة تجاذب نووية قوية تربط وتمسك بنيوكليونات النواة ، وهذه القوة النووية (القوية) هي واحد من القوى الأربعة الأساسية المعروفة في الطبيعة والتي كنت قد عرفتها سابقا .

س / ما المقصود بـ (القوة النووية) ؟ وما خواصها ؟
ج / هي قوة تجاذب نووية قوية تربط وتمسك بنيوكليونات النواة وهي الاقوى في الطبيعة .
خواصها : 1 - انها قوة ذات مدى قصير . 2 - لا تعتمد على الشحنة .

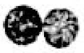
س / ما المقصود بـ (طاقة الربط النووية) ؟ وما رمزها ؟
ج / هي الطاقة المتحررة عند جمع اعداد مناسبة من البروتونات والنيوترونات لتشكيل نواة معينة .
او هي الطاقة اللازمة لتفكيك النواة الى مكونات من البروتونات والنيوترونات . ويرمز لها بالرمز (E_b) .

ملاحظة :



ان كتلة النواة لا تساوي مجموع كتل مكوناتها من البروتونات والنيوترونات عندما تكون منفصلة فهي دائما اقل من مجموع كتل مكوناتها من البروتونات والنيوترونات عندما تكون منفصلة .
كما في الشكل المقابل . هذا الفرق في الكتلة (Δm) والذي يسمى عادة بالنقص الكتلي (defect mass) وجد انه يكافئ طاقة الربط النووية (E_b) حسب علاقة اينشتاين في تكافؤ (الكتلة - الطاقة) اي ان :

$$E_b = \Delta m\, c^2$$

فمثلا ومن خلال قياس كتلة نواة الديوترون (^2_1H) والتي تتكون من بروتون واحد ونيوترون واحد ، كما في الشكل ^2_1H

وجد انها تساوي ($2.013553\ u$) وهي اقل من مجموع كتلة البروتون ($1.007276\ u$) وكتلة النيوترون ($1.008665\ u$)
والذي يساوي ($2.015941\ u$) عندما يكونان منفصلين ، وبذلك يكون الفرق او النقص الكتلي Δm يساوي ($0.002388\ u$)
اذ نستطيع ايجاد طاقة الربط النووية (E_b) وبوحدة (MeV) كما يأتي : $E_b = \Delta m\, c^2$

وبالتعويض في العلاقة السابقة اذ ان : ($c^2 = 931 \frac{MeV}{u}$) نحصل على : $E_b = 0.002388 \times 931 = 2.223$ (MeV)

ومن الناحية العملية فانه يكون أكثر مناسبا استعمال كتل الذرات بدلا من استعمال كتل النوى ، اذ يعطى النقص الكتلي (Δm)
في هذه الحالة بالعلاقة :

$$\Delta m = ZM_H + Nm_n - M$$

حيث ان : M_H : كتلة ذرة الهيدروجين . M : كتلة الذرة المعنية . Z : العدد الذري .
N : العدد النيوتروني (او عدد النيوترونات) . m_n : كتلة النيوترون .

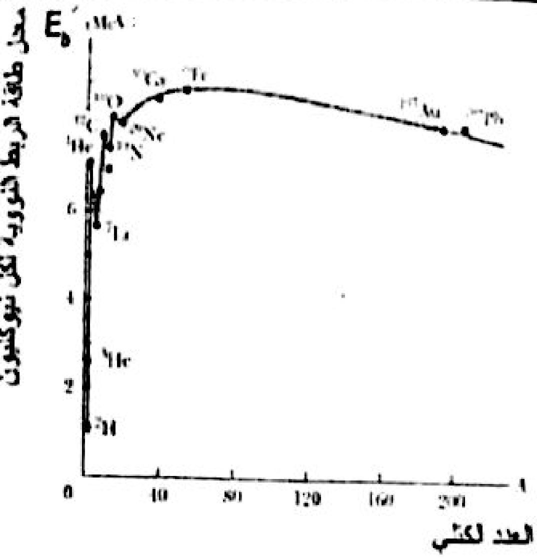
وبذلك تصبح معادلة طاقة الربط النووية للنواة ، على الشكل الآتي :

$$E_b = (ZM_H + Nm_n - M)\, c^2$$

وبما ان الكتل الذرية هي عادة تقاس بوحدة (u) فان وحدة طاقة الربط (E_b) تقاس بوحدة (MeV) اذ ان ($c^2 = 931 \frac{MeV}{u}$)

س / ما المقصود بـ معدل (متوسط) طاقة الربط النووية لكل نيوكليون (او للنيوكليون) ؟ وما رمزه ؟ وكيف يمكن حسابه ؟
ج / وهو حاصل قسمة طاقة الربط النووية (E_b) على العدد الكتلي (A) .
ويرمز له بالرمز (E_b') . ويمكن حسابه من العلاقة الآتية :

$$E_b' = \frac{E_b}{A}$$



س / كيف تتغير قيمة (E_b') مع تغير العدد الكتلي (A) للنوى ؟

ج / الشكل المقابل يوضح تغير (E_b') مع (A) ويلاحظ من هذا الشكل ان المنحني يكون بصورة عامة ثابتا نسبيا باستثناء النوى الخفيفة مثل نواة الديوترون ($^{2}_{1}H$) والنوى الثقيلة مثل نواة الرصاص $^{208}_{82}Pb$ كما يمكن ملاحظة ان النوى المتوسطة تمتلك اكبر القيم الى (E_b') مثل نواة الحديد $^{56}_{26}Fe$ وبذلك تكون النوى المتوسطة عادة هي الاكثر استقرارا فالنوى الخفيفة والنوى الثقيلة تستطيع ان تصبح اكثر استقرارا اذا وجد تفاعلا نوويا معينا يستطيع ان ينقلها الى منطقة النوى المتوسطة . بعبارة اخرى اذا توافرت ظروف مناسبة فأن النوى الثقيلة اذا انشطرت الى نوى متوسطة فانها تصبح اكثر استقرارا وبالعكس اذا اندمجت النوى الخفيفة لتكوين نوى اثقل فانها تصبح اكثر استقرارا ايضا ، وفي كلتا العمليتين سوف تتحرر طاقة ، كما سنتعرف عليها لاحقا وبصورة أكثر تفصيلا .

مثال 3

جد طاقة الربط لنواة النيتروجين ($^{14}_{7}N$) بوحدة (MeV) اذا علمت ان كتلة ذرة ($^{14}_{7}N$) تساوي (14.003074 u) وكتلة ذرة الهيدروجين تساوي (1.007825 u) وكتلة النيوترون تساوي (1.008665 u) .
جد ايضا معدل طاقة الربط النووية لكل نيوكليون ؟

الحل /

$$E_b = (ZM_H + Nm_n - M) c^2$$

وبما ان الكتل هي معطاة بوحدة (u) فان : $(c^2 = 931 \frac{MeV}{u})$

$$E_b = (ZM_H + Nm_n - M) \times 931 \ (MeV)$$

وبالنسبة الى النواة ($^{14}_{7}N$) فأن : $(Z = 7)$ و $(A = 14)$ ⇦ $N = A - Z = 14 - 7 = 7$

$$E_b = (7 \times 1.007825 + 7 \times 1.008665 - 14.003074) \times 931 = 104.603 \ (MeV)$$

$$E_b' = \frac{E_b}{A} = \frac{104.603}{14} = 7.472 \ (\frac{MeV}{nucleon})$$

وكذلك يمكننا كتابة معدل طاقة الربط النووية لكل نيوكليون $E_b' = 7.472 \ (MeV)$

الانحلال الاشعاعي : ان بعض نوى العناصر تكون غير مستقرة (مشعة) ومن ثم تسعى لكي تكون مستقرة من خلال انحلالها .
وهناك ثلاثة أنواع رئيسية للانحلال الاشعاعي هي : 1 - انحلال ألفا . 2 - انحلال بيتا . 3 - انحلال كاما .

اولاً : انحلال ألفا :

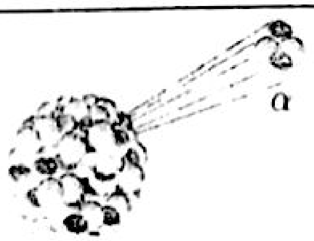
س / متى تعاني النواة غير المستقرة انحلال ألفا التلقائي ؟

ج / عندما تكون كتلة النواة وحجمها كبيرين نسبيا ، وعلى هذا الاساس فأن انبعاث جسيمة (دقيقة) ألفا من هذه النوى يساعدها على الحصول على استقرارية اكبر عن طريق تقليص حجمها وكتلتها .

س / ما المقصود بـ (جسيمة الفا) ؟ وما شحنتها ؟ وما رمزها ؟

ج / هي نواة ذرة الهيليوم وتتكون من بروتونين ونيوترونين . وهي ذات شحنة موجبة تساوي (+ 2 e) .

ويرمز لها بالرمز ($^{4}_{2}He$) او (α) . كما في الشكل المقابل .



المعادلة التالية تبين معادلة نووية لنواة تعاني انحلال الفا

$$^{240}_{94}Pu \rightarrow \, ^{236}_{92}U + \, ^{4}_{2}He$$

(النواة الأم) (نواة البلوتونيوم) — (النواة الوليدة) (نواة اليورانيوم) — (جسيمة الفا)

س/ ما الذي يحصل خلال انحلال الفا في قيم العدد الكتلي والعدد الذري للنواة الأم ؟

ج/ ينقص العدد الكتلي بمقدار أربعة وينقص العدد الذري بمقدار اثنين (لاحظ المعادلة النووية السابقة) . ونلاحظ ايضاً عند تغير العدد الذري فان نواة العنصر تتحول الى نواة عنصر أخر

س/ كيف يمكننا ايجاد طاقة الانحلال لنواة تنحل بوساطة انحلال الفا ؟

ج/ اذا افترضنا أن كتلة النواة الأم هي (M_P) (عادة ساكنة ابتدائياً) وكتلة النواة الوليدة هي (M_d) وكتلة جسيمة الفا هي (M_α) ، فان طاقة انحلال الفا (Q_α) تعطى بالعلاقة التالية :

$$Q_\alpha = [M_P - M_d - M_\alpha] c^2$$

ملاحظة: عندما تقاس الكتل الذرية بوحدة u اذا ان ($c^2 = 931 \frac{MeV}{u}$) فان وحدة (Q_α) في هذه الحالة هي (MeV)

س/ ما هو الشرط اللازم لنواة تنحل تلقائياً بوساطة انحلال الفا ؟

ج/ هو ان تكون قيمة طاقة الانحلال (Q_α) موجبة أي ان ($Q_\alpha > 0$)

ملاحظة:

من الجدير بالذكر أن جسيمة الفا (ذات الكتلة الأقل مقارنة بكتلة النواة الوليدة) سوف تمتلك سرعة وطاقة حركية اكبر من السرعة والطاقة الحركية للنواة الوليدة وذلك بحسب قانون حفظ (الطاقة - الكتلة) وقانون حفظ الزخم الخطي .



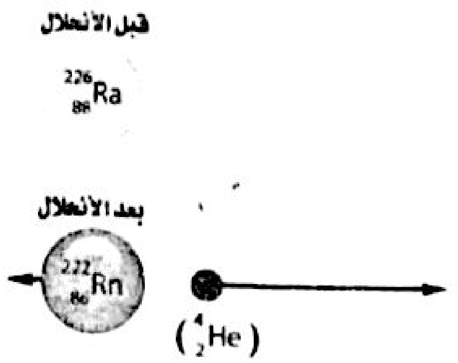
مثال (4)

برهن على أن نواة الراديوم ($^{226}_{88}Ra$) تحقق شرط الانحلال التلقائي الى نواة الرادون ($^{222}_{86}Rn$) بوساطة انحلال الفا. اكتب ايضاً المعادلة النووية للانحلال، مع العلم أن الكتل الذرية لكل من

$^{226}_{88}Ra = 226.025406\,(u)$.

$^{222}_{86}Rn = 222.017574\,(u)$.

$^{4}_{2}He = 4.002603\,(u)$



المعادلة النووية للانحلال هي

$$^{226}_{88}Ra \rightarrow \; ^{222}_{86}Rn + \; ^{4}_{2}He$$

(النواة الأم) (النواة الوليدة) (جسيمة الفا)

أن شرط الانحلال التلقائي هو أن تكون قيمة طاقة الانحلال (Q_α) موجبة.

لدينا العلاقة

$$Q_\alpha = [M_p - M_d - M_\alpha]c^2$$

وبما أن الكتل هي معطاة بوحدة (u)، فأن $c^2 = 931\frac{MeV}{u}$

$$\therefore Q_\alpha = [M_p - M_d - M_\alpha]\times 931(MeV)]$$

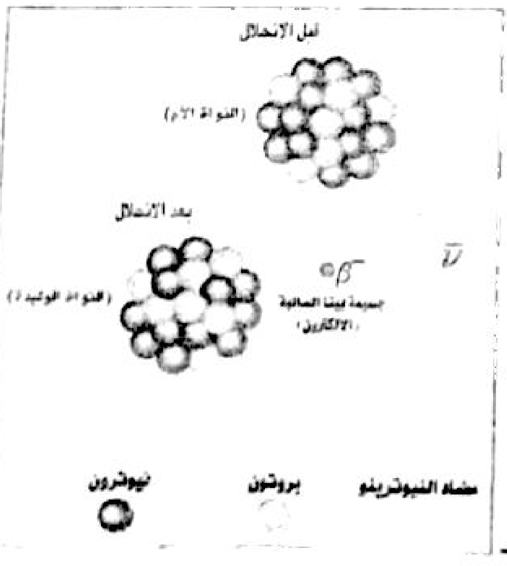
وبالتعويض في العلاقة السابقة نحصل على

$$Q_\alpha = [226.025406 - 222.017574 - 4.002603]\times 931$$

$$\therefore Q_\alpha = 5.229\times10^{-3}\times 931 = 4.868\ (MeV)$$

بما أن قيمة (Q_α) هي قيمة موجبة، أي إن $(Q_\alpha > 0)$ ، $\therefore$ قد تحقق شرط الانحلال التلقائي.

(ثانياً) انحلال بيتا Beta decay

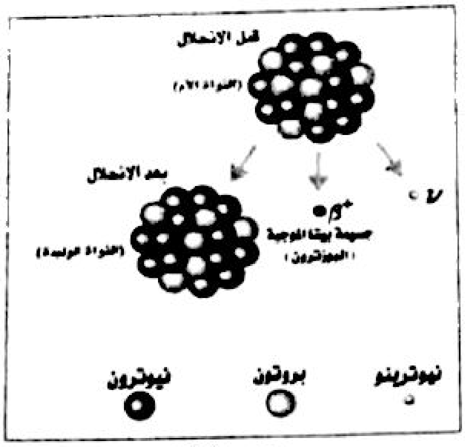


وهو الانحلال الاشعاعي التلقائي الثاني والذي من خلاله تستطيع بعض النوى الوصول الى حالة اكثر استقراراً. وتوجد ثلاث طرائق تنحل بها بعض النوى تلقائياً بانحلال بيتا وهي

أ - انبعاث جسيمة(دقيقة) بيتا السالبة (او الالكترون) ويرمز لها بالرمز(β^-) او ($^{0}_{-1}e$) وهي ذات شحنة سالبة ($e-$)وتسمى هذه العملية انحلال بيتا السالبة، لاحظ الشكل

شكل (13)

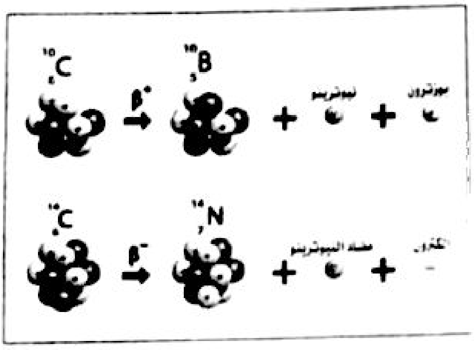
2- انبعاث جسيمة (دقيقة) بيتا الموجبة (او البوزترون) ويرمز لها بالرمز(β^+) او ($_{+1}^{0}e$) وهي ذات شحنة موجبة ($e+$) وتسمى هذه العملية انحلال بيتا الموجبة، لاحظ الشكل (14). والبوزترون عبارة عن جسيم يمتلك جميع صفات الالكترون الا ان اشارة شحنته هي موجبة، كما يطلق عليه ايضاً (مضاد الالكترون).



شكل (14)

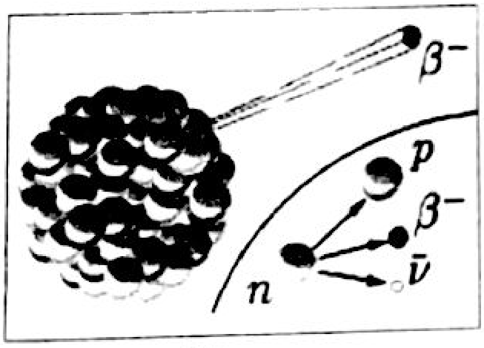
3- أسر (اقتناص) النواة لاحد الالكترونات الذرية المدارية الداخلية، وتسمى هذه عملية الأسرالالكتروني.

ويرافق انحلال بيتا الموجبة انبعاث جسيم يسمى النيوترينو (شحنته وكتلته السكونية تساوي صفراً) ويرمز له بالرمز (ν)او ($_{0}^{0}\nu$)، إذ إن العدد الذري والعدد الكتلي له يساويان صفراً. كما يرافق انحلال بيتا السالبة انبعاث جسيم يسمى مضاد النيوترينو ويرمز له بالرمز ($\bar{\nu}$) او($_{0}^{0}\bar{\nu}$)، إذ إن العدد الذري والعدد الكتلي له يساويان صفراً أيضاً. (لاحظ مثلاً معادلتي الانحلال النووي المجاورتين).



وهنا يبرز السؤال الآتي: بما أن النواة أساساً لا تحتوي على الألكترونات أو البوزترونات فكيف يمكن للنواة أن تبعث الكتروناً او بوزتروناً؟ فمن اين أتى هذا الالكترون او هذا البوزترون؟ والجواب على ذلك هو عندما تبعث النواة الالكترون فهو نتاج انحلال أحد نيوترونات النواة الى بروتون والكترون ومضاد النيوترينو، لاحظ الشكل (15). ويعبر عن هذا الانحلال بالمعادلة النووية الآتية

$$_{0}^{1}n \rightarrow {}_{1}^{1}p + \beta^- + {}_{0}^{0}\bar{\nu} \;,\; (\beta^- = {}_{-1}^{0}e)$$



شكل (15)

ويحدث هذا الانحلال بسبب ان نسبة عدد نيوترونات الى عدد بروتونات النواة هي أكبر من النسبة اللازمة لاستقرارها.

أما عندما تبعث النواة البوزترون فهو نتاج انحلال أحد بروتونات النواة إلى نيوترون وبوزترون ونيوترينو ويعبر عن هذا الانحلال بالمعادلة النووية الآتية:

$$_{1}^{1}p \rightarrow {}_{0}^{1}n + \beta^+ + {}_{0}^{0}\nu \;,\; (\beta^+ = {}_{+1}^{0}e)$$

ويحدث هذا الانحلال بسبب أن نسبة عدد نيوترونات الى عدد بروتونات النواة هي أصغر من النسبة اللازمة لاستقرارها. وفيما يلي نورد ثلاث امثلة لمعادلات نووية لنوى تنحل تلقائياً بوساطة انحلال بيتا.

$$_{29}^{64}Cu \rightarrow {}_{30}^{64}Zn + \beta^- + \bar{\nu}$$ (انحلال بيتا السالبة)

$$_{7}^{13}N \rightarrow {}_{6}^{13}C + \beta^+ + \nu$$ (انحلال بيتا الموجبة)

$$_{20}^{41}Ca + {}_{-1}^{0}e \rightarrow {}_{19}^{41}K + \nu$$ (الأسر الالكتروني)

ثالثا : انحلال كاما :



س / ما المقصود بـ (انحلال كاما) ؟

ج / وهو الانحلال الاشعاعي التلقائي الثالث ، حيث يتم الوصول الى حالة اكثر استقرارا وذلك بانبعاث اشعة كاما . كما في الشكل المقابل .

س / ما المقصود بـ (أشعة كاما) ؟ وما رمزها ؟

ج / هي اشعة كهرومغناطيسية (فوتونات) ذات طاقة عالية او تردد عال ، كتلتها السكونية وشحنتها تساوي صفرا . ويرمز لها بالرمز (γ) او (${}^{0}_{0}\gamma$) اذ ان العدد الذري والعدد الكتلي لها يساويان صفراً .

س / غالبا ما تترك بعض النوى في حالة (او مستوى) اثارة اي لديها طاقة فائضة وذلك بعد معاناتها انحلال الفا او انحلال بيتا ؟ فكيف يمكن لمثل هذه النوى تلقائيا ان تصل الى حال اكثر استقرارا ؟

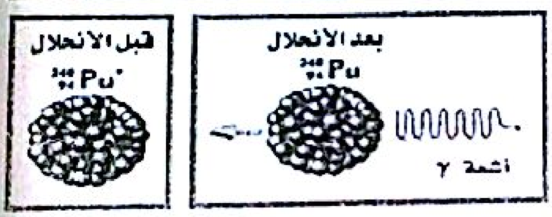
ج / يمكن لمثل هذه النوى ان تتخلص من الطاقة الفائضة بانحلال كاما . حيث يتم الوصول الى حالة اكثر استقرارا وذلك بانبعاث اشعة كاما ولو ان النواة انتقلت من مستوى طاقة عال الى مستوى طاقة منخفض فان اشعة كاما (فوتون) سوف ينبعث وتكون طاقة الفوتون تساوي فرق الطاقة بين المستويين .

المعادلة التالية تبين معادلة نووية لنواة تعاني انحلال كاما :

$${}^{240}_{94}Pu^{*} \rightarrow {}^{240}_{94}Pu + {}^{0}_{0}\gamma$$

(النواة الأم) (نواة البلوتونيوم المتهيجة)	(النواة الوليدة) (نواة البلوتونيوم)	(أشعة كاما)

إشارة النجمة (*) تبين ان النواة هي في حالة إثارة او تهيج . كما في الشكل المقابل .



وكما هو واضح من المعادلة الانحلال النووي لنواة البلوتونيوم المتهيجة (${}^{240}_{94}Pu^{*}$) السابقة فان العدد الكتلي والعدد الذري يبقى ثابتا في انحلال كاما .

ويمكن التعبير عن علاقة طاقة اشعة الفوتون (E) بالتردد (f) كما يأتي :

$$E = h f$$

حيث ان : h ثابت بلانك ويساوي (6.63×10^{-34} J.s) .

وان : $f = \frac{c}{\lambda}$ حيث ان : λ هي طول موجة الفوتون . c هي سرعة الضوء في الفراغ .

التفاعلات النووية :

س / هل يمكن ان نغير من تركيب النواة عند قذفها بجسيمات نووية ذات طاقة معينة ؟ ومن أول عالم برهن التفاعل النووي ؟

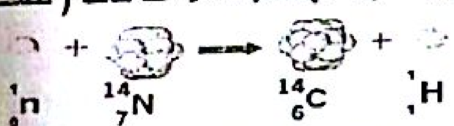
ج / نعم يمكن ذلك . وأول من برهن على حدوث هذا التفاعل النووي المحتث (الاصطناعي) هو العالم رذرفورد . وبحسب معادلة التفاعل النووي الآتية :

$${}^{4}_{2}He + {}^{14}_{7}N \rightarrow {}^{17}_{8}O + {}^{1}_{1}H$$

(جسيمة ألفا)	(نواة النتروجين)	(نواة الاوكسجين)	(بروتون)



ملاحظة وفي حال المعادلات النووية فأنه يجب ان يكون مجموع الأعداد الذرية ومجموع الأعداد الكتلية متساويين في طرفي المعادلة النووية ، اي ان المعادلة النووية موزونة ، وكما هو مبين مثلا في معادلة التفاعل النووي السابقة . وهكذا نجد ان التفاعل النووي هو ذلك التفاعل الذي يحدث تغيرا في خصائص وتركيب النواة الهدف . فمثلا عند قذف (قصف) نواة النيتروجين (${}^{14}_{7}N$) بوساطة جسيم النيوترون (${}^{1}_{0}n$) فانه يمكن الحصول على نواة الكاربون (${}^{14}_{6}C$) وجسيم البروتون (${}^{1}_{1}H$) كما في الشكل المقابل :

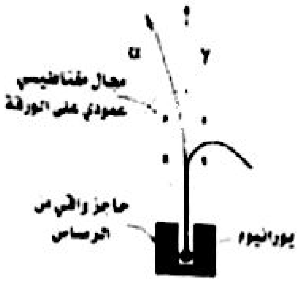


س / ما هي قوانين الحفظ التي يجب ان تتحقق في التفاعلات النووية ؟

ج / 1 - قانون حفظ (الطاقة - الكتلة) . 2 - قانون حفظ الزخم الخطي . 3 - قانون حفظ الزخم الزاوي . 4 - قانون حفظ الشحنة الكهربائية (او قانون حفظ العدد الذري) . 5 - قانون حفظ عدد النيوكليونات (او قانون حفظ العدد الكتلي) .



ان جسيمات الفا لها القدرة الأكبر على تأين المواد تليها جسيمات بيتا السالبة والأقل منهما قدرة هي أشعة كاما.
اما في ناحية اختراق المواد أشعة كاما لها القدرة الأكبر على اختراق المواد تليها جسيمات بيتا السالبة والأقل منهما قدرة جسيمات الفا (فهي عادة لا تخترق الملابس وجلد الانسان).



وتنحرف جسيمات الفا بتأثير المجال الكهربائي او المجال المغناطيسي باتجاه يدل على انها موجبة الشحنة وتنحرف جسيمات بيتا السالبة باتجاه يدل على انها سالبة الشحنة .
ولا تنحرف أشعة كاما بتأثير المجال الكهربائي او المجال المغناطيسي .
كما موضح بالشكل المقابل .

طاقة التفاعل النووي :

لو نفترض ان تفاعلا نوويا تقذف فيه نواة الهدف (X) عادة ساكنة ابتدائيا والتي كتلتها (M_X) بالجسيم الساقط (المقذوف) (a) والذي كتلته (M_a) لينتج نواة (Y) والتي كتلتها (M_Y) والجسيم (b) الذي كتلته (M_b) . عندها يمكننا التعبير عن هذا التفاعل النووي بالمعادلة النووية الآتية :

$$a + X \rightarrow Y + b$$

س / كيف يمكننا إيجاد قيمة طاقة التفاعل النووي (Q) ؟
ج / ان قيمة طاقة التفاعل النووي (Q) يمكن ايجادها من العلاقة :

$$Q = \left[(M_a + M_X) - (M_Y + M_b)\right] c^2$$

او :

$$Q = \left[(M_a + M_X - M_Y - M_b)\right] c^2$$

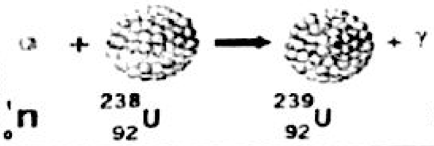
ملاحظات

1 - عندما تقاس الكتل الذرية بوحدة (u) فان ($c^2 = 931 \dfrac{MeV}{u}$) فان وحدة (Q) في هذه الحال هي (MeV) .

2 - اذا كانت قيمة (Q) موجبة ($Q > 0$) فان التفاعل النووي يسمى بالتفاعل المحرر للطاقة .

3 - اذا كانت قيمة (Q) سالبة ($Q < 0$) فان التفاعل النووي يسمى بالتفاعل الماص للطاقة .

4 - ان النيوترونات تعد قذائف مهمة في التفاعلات النووية كما في الشكل المقابل . وذلك لان شحنة النيوترون تساوي صفراً وهو بذلك يستطيع ان يدخل الى النواة بسهولة جداً (اكثر بكثير من جسيمات ألفا او البروتونات) وذلك لعدم وجود قوة كولوم الكهربائية التنافرية بينه وبين النواة



مثال 5

جد قيمة طاقة التفاعل النووي بوحدة (MeV) ؟ ثم بين نوعية التفاعل . مع العلم ان الكتل الذرية لكل من :

(${}^{4}_{2}He = 4.002603$ u) (${}^{14}_{7}N = 14.03074$ u)

(${}^{1}_{1}H = 1.007825$ u) (${}^{17}_{8}O = 16.999132$ u)

الحل / من معادلة التفاعل النووي :

$${}^{4}_{2}He + {}^{14}_{7}N \rightarrow {}^{17}_{8}O + {}^{1}_{1}H$$

(الجسيم الناتج)	(النواة الناتجة)	(نواة الهدف)	(الجسيم المقذوف او الساقط)
(b)	(Y)	(X)	(a)
(جسيم البروتون)	(نواة الاوكسجين)	(نواة النتروجين)	(جسيمة ألفا)

ان طاقة التفاعل النووي (Q) يمكن ايجادها من العلاقة :

$$Q = \left[(M_a + M_X - M_Y - M_b)\right] c^2$$

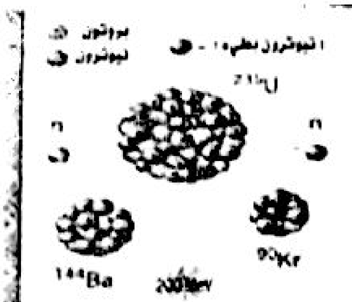
وبما ان الكتل هي معطاة بوحدة (u) فان : ($c^2 = 931 \dfrac{MeV}{u}$)

$$Q = \left[(M_a + M_X - M_Y - M_b)\right] \times 931 \ (MeV)$$

$$Q = \left[4.002603 + 14.03074 - 16.999132 - 1.007825\right] \times 931 = -1.192 \ (MeV)$$

بما ان قيمة (Q) هي سالبة ($Q < 0$) . اذن التفاعل هو من النوع الماص للطاقة .

الانشطار النووي :



س / ما المقصود بـ (الانشطار النووي) ؟

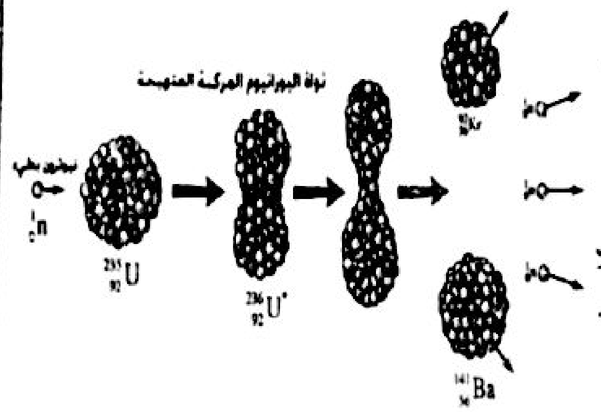
ج / هو تفاعل نووي تقسم فيه نواة ثقيلة (مثل نواة اليورانيوم $^{235}_{92}U$) الى نواتين متوسطتين بالكتلة وذلك عن طريق قصف هذه النواة الثقيلة بوساطة نيوترون بطيء (نيوترون حراري) . وهو نيوترون ذو طاقة صغيرة حوالي (0.025 eV) . كما في الشكل المقابل .

س / ما هي نتيجة الانشطار النووي ؟

ج / تكون نتيجة الانشطار النووي نوى جديدة مشعة وعدد من النيوترونات (نموذجيا اثنان او ثلاثة) فضلا عن الطاقة الهائلة .

س / من اين تأتي الطاقة الهائلة عند حصول الانشطار النووي ؟

ج / تأتي هذه الطاقة الهائلة من حقيقة كون ان مجموع الكتل الناتجة هي اقل من مجموع الكتل المتفاعلة اذ تتحول الكتلة المفقودة الى طاقة هائلة حسب علاقة اينشتاين في تكافؤ (الكتلة - الطاقة) .



فمثلا تتحرر طاقة تقدر بنحو (200 MeV) عند انشطار نواة واحدة فقط من اليورانيوم ($^{235}_{92}U$) ولذلك فان الطاقة المتحررة من الانشطار النووي هي مثلا اكبر بكثير من الطاقة المتحررة من التفاعلات الكيميائية . كما في الشكل المقابل .

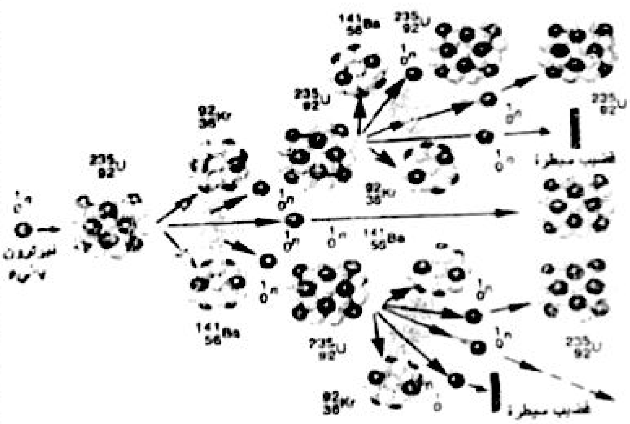
ومن احد الأمثلة المحتملة على تفاعلات انشطار نواة اليورانيوم ($^{235}_{92}U$)

بوساطة نيوترون بطيء هو التفاعل التالي :

$$^{1}_{0}n + ^{235}_{92}U \rightarrow ^{236}_{92}U^{*} \rightarrow ^{141}_{56}Ba + ^{92}_{36}Kr + 3\,^{1}_{0}n$$

ويمثل الرمز ($^{236}_{92}U^{*}$) نواة اليورانيوم المركبة المتهيجة .

التفاعل النووي المتسلسل :

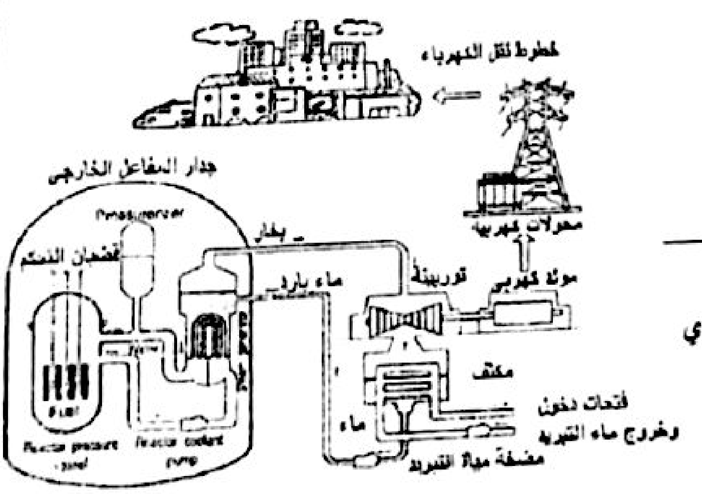


س / ما المقصود بـ (التفاعل النووي المتسلسل) ؟

ج / هو التفاعل النووي الذي يجعل عملية انشطار نوى اليورانيوم ($^{235}_{92}U$) وغيرها من النوى القابلة للانشطار ان تستمر . كما في الشكل المقابل .

س / ماذا يحدث اذا لم تتم السيطرة على التفاعل النووي المتسلسل ؟

ج / سوف يؤدي الى حدوث انفجار عنيف مع انبعاث كمية هائلة من الطاقة . وقد صنعت القنبلة النووية (شائعا الذرية) والتي غالباً ما يدعى ايضاً بالقنبلة الانشطارية بناء على هذه الحالة .



س / هل يمكن السيطرة على التفاعل النووي المتسلسل ؟ وضح ذلك ؟

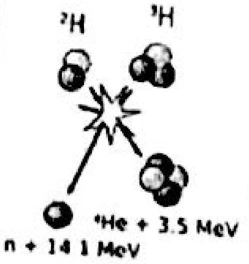
ج / نعم . اذ ان اول تفاعل نووي انشطاري متسلسل مسيطر عليه من قبل الانسان كان اجراه العالم فيرمي ومساعدوه وذلك في اول مفاعل نووي شغل في مدينة شيكاغو في الولايات المتحدة الامريكية عام (1942) والشكل المقابل يوضح مخطط اول قلب مفاعل النووي .

س / ما المقصود بـ (المفاعل النووي) ؟ وماذا يستفاد منها ؟

ج / هو عبارة عن مجموعة من المنظومات التي تسيطر على التفاعل النووي الانشطاري المتسلسل للوقود النووي مثل اليورانيوم ($^{235}_{92}U$) او البلوتونيوم ($^{239}_{94}Pu$) والطاقة الناتجة منه .

يستفاد حاليا وبشكل واسع من المفاعلات النووية والأغراض السلمية مثلا في أنتاج الطاقة الكهربائية . كما في الشكل اعلاه .

الاندماج النووي :



س / ما المقصود بـ (الاندماج النووي) ؟

ج / هو تفاعل نووي تدمج فيه نواتان صغيرتان (خفيفتان بالكتلة) لتكوين نواة أثقل . كما في الشكل المقابل .

حيث تكون كتلة النواة الأثقل هي اقل من مجموع كتلتي النواتين الخفيفتين الأصليتين وفرق الكتلة يتحول الى طاقة متحررة وذلك حسب علاقة اينشتاين في تكافؤ (الكتلة - الطاقة) وعلى هذا الأساس تعد الشمس مفاعل نووي اندماجي حراري عملاق لإنتاج الطاقة .

س / من اين للشمس كل هذه الطاقة الهائلة والتي تغمر بها الأرض وما عليها من أحياء حيث تمدنا بالضوء والحرارة التي نحتاجها ؟

ج / ان هذه الطاقة الهائلة ناتجة من تفاعل نووي يسمى بالاندماج النووي .

س / ما هي العمليات والتفاعلات النووية الرئيسة لإنتاج الطاقة الهائلة في الشمس ؟

ج / تعد سلسلة عمليات او تفاعلات اندماج نوى ذرات الهيدروجين الاعتيادي (البروتونات) لتوليد نواة ذرة الهيليوم ($^{4}_{2}He$) هي العمليات الرئيسة التي تحدث في باطن الشمس (حيث درجة الحرارة هي حوالي 1.5×10^{7} K) وذلك ضمن سلسلة او دورة تسمى (بروتون - بروتون) ويحرر الاندماج النووي طاقة اكبر من الطاقة التي يحررها الانشطار النووي لكتل متساوية من الوقود النووي .

ملاحظة

ان هذه الحقيقة قد طبعت عسكريا عند انتاج القنبلة الاندماجية والتي تسمى ايضا بالقنبلة الهيدروجينية وهي اعظم خطرأ واشد فتكا من القنبلة النووية (الانشطارية) ويمثل هذا النوع من القنابل الاندماجية مثالا على التفاعلات النووية الاندماجية غير المسيطر عليها .

س / ماذا نعني بقولنا (غالباً ما يطلق على التفاعل النووي الاندماجي المسيطر عليه بمصدر الطاقة الذي قد لا ينضب) .

ج / لان مصدر الوقود النووي المستعمل (الهيدروجين) هو متاح وميسر وهو الماء المتوفر بكثرة في الكرة الأرضية .

س / ما العائق الرئيس للحصول على طاقة مفيدة من الاندماج النووي ؟

ج / هو وجود قوة كولوم الكهربائية التنافرية الكبيرة بين البروتونات والنوى المتفاعلة عندما تكون المسافة بينهم قصيرة .

س / في الوقت الحاضر هل توجد استفادة حقيقية من التفاعل النووي الاندماجي للأغراض السلمية ؟ ولماذا ؟

ج / كلا . بسبب الصعوبات التقنية التي موجودة لتحقيق عملية الاندماج النووي .

ويسعى العلماء والباحثون حاليا الى ابتكار طرق جديدة لاحتواء البلازما المتفاعلة واللازمة للاندماج النووي مثل استعمال المجال المغناطيسي لحصر البلازما داخل حاوية ولكن بعيدا عن جدرانها (مثل جهاز التوكاماك Tokamak) كما في الشكل المقابل .



ملاحظة

1 - يتطلب رفع درجة حرارة التفاعل النووي الى درجة حرارة مرتفعة جدا (حوالي 10^{8} K) حيث يصبح الوسط المعزول عليه في مثل هذه الدرجات الحرارية العالية هو ما يسمى بالبلازما (الحالة الرابعة للمادة) ولكن لا توجد مادة معروفة في الوقت الحاضر لها القدرة على تحمل مثل هذه الحرارة العالية جدا .

2 - لو أمكن التوصل الى تفاعل نووي اندماجي مسيطر عليه لأصبحت المفاعلات النووية الاندماجية من اهم مفاعلات المستقبل .

س / ما هي مصادر الإشعاع النووي ؟

ج / تقسم الإشعاع النووي بصورة عامة على مصدرين رئيسي :

1- مصادر الإشعاع النووي الخلفي الطبيعي : وتشمل على الأشعة الكونية ، والإشعاع النووي من القشرة الأرضية وكذلك النشاط الإشعاعي في جسم الانسان .

2 - مصادر الإشعاع النووي الاصطناعي : ومنها المصادر النووية المشعة المستعملة في الطب لغرض التشخيص والعلاج والنفايات النووية المشعة والغبار النووي المتساقط من اختبارات الاسلحة النووية والاشعاعات النووية المنتجة من المفاعلات النووية واستعمال المصادر النووية المشعة في البحوث والدراسات .

طاقة الربط النووية E_b : هي الطاقة المتحررة عند جمع أعداد مناسبة من البروتونات والنيوترونات لتشكيل نواة معينة .
او هي الطاقة اللازمة لتفكيك النواة الى مكونات من البروتونات والنيوترونات .

ويعطى بالعلاقة : $E_b = \Delta m\, c^2$ حيث ان :(Δm) يسمى بالنقص الكتلي ويعطى : $\Delta m = ZM_H + Nm_n - M$

وبذلك تصبح معادلة طاقة الربط النووية للنواة ، على الشكل الآتي : $E_b = (ZM_H + Nm_n - M)\, c^2$

معدل (متوسط) طاقة الربط النووية : وهو حاصل قسمة طاقة الربط النووية (E_b) على العدد الكتلي (A) . $E_b' = \frac{E_b}{A}$

طاقة التفاعل النووي : لو نفترض ان تفاعلا نوويا تقذف فيه نواة الهدف (X) عادة ساكنة ابتدائيا والتي كتلتها (M_X) بالجسيم الساقط (المقذوف) (a) والذي كتلته (M_a) لينتج نواة (Y) والتي كتلتها (M_Y) والجسيم (b) الذي كتلته (M_b) .

عندها يمكننا التعبير عن هذا التفاعل النووي بالمعادلة النووية الآتية : $a + X \rightarrow Y + b$

ويمكننا إيجاد قيمة طاقة التفاعل النووي (Q) من العلاقة : $Q = [(M_a + M_X) - (M_Y + M_b)]\, c^2$

او : $Q = [(M_a + M_X - M_Y - M_b)]\, c^2$

فاذا كانت قيمة (Q) موجبة ($Q > 0$) فان التفاعل النووي يسمى بالتفاعل المحرر للطاقة .
فاذا كانت قيمة (Q) سالبة ($Q < 0$) فان التفاعل النووي يسمى بالتفاعل الماص للطاقة .

ان النيوترونات تعد قذائف مهمة في التفاعلات النووية وذلك لان شحنة النيوترون تساوي صفراً وهو بذلك يستطيع ان يدخل الى النواة بسهولة جداً (اكثر بكثير من جسيمات ألفا او البروتونات) وذلك لعدم وجودقوة كولوم الكهربائية التنافرية بينه وبين النواة .

الانشطار النووي : هو تفاعل نووي تقسم فيه نواه ثقيلة (مثل نواة اليورانيوم $^{235}_{92}U$) الى نواتين متوسطتين بالكتلة وذلك عن طريق قصف هذه النواة الثقيلة بوساطة نيوترون بطيء (نيوترون حراري) .
وتكون نتيجة الانشطار النووي نوى جديدة مشعة وعدد من النيوترونات (نموذجيا اثنان او ثلاثة) فضلا عن الطاقة الهائلة .

التفاعل النووي المتسلسل : هو التفاعل النووي الذي يجعل عملية انشطار نوى اليورانيوم ($^{235}_{92}U$) وغيرها من النوى القابلة للانشطار ان تستمر .

المفاعل النووي : هو عبارة عن مجموعة من المنظومات التي تسيطر على التفاعل النووي الانشطاري المتسلسل للوقود النووي مثل اليورانيوم ($^{235}_{92}U$) او البلوتونيوم ($^{239}_{94}Pu$) والطاقة الناتجة منه .

يستفاد حاليا وبشكل واسع من المفاعلات النووية وللأغراض السلمية مثلا في أنتاج الطاقة الكهربائية .

الاندماج النووي : هو تفاعل نووي تدمج فيه نواتان صغيرتان (خفيفتان بالكتلة) لتكوين نواة أثقل .

حيث تكون كتلة النواة الأثقل هي اقل من مجموع كتلتي النواتين الخفيفتين الأصليتين وفرق الكتلة يتحول الى طاقة متحررة وذلك حسب علاقة اينشتاين في تكافؤ (الكتلة - الطاقة) وعلى هذا الأساس تعد الشمس مفاعل نووي اندماجي حراري عملاق لإنتاج الطاقة .

والعائق الرئيس للحصول على طاقة مفيدة من الاندماج النووي هو وجود قوة كولوم الكهربائية التنافرية الكبيرة بين البروتونات والنوى المتفاعلة عندما تكون المسافة بينهم قصيرة .

س / ما تاثير ومخاطر الاشعاع النووي على جسم الانسان ؟ وضح ذلك .

ج / تعتمد درجة ونوع الضرر الذي يسببه الاشعاع النووي على عدة عوامل منها نوع الاشعاع (كاشعة كاما او جسيمات الفا ......الخ) وطاقة هذا الاشعاع ، والعضو المعرض لهذا الاشعاع (كبد او عين ....الخ) اذ ينتج التلف الإشعاعي في جسم الانسان في المقام الأول من تاثير التأين في خلايا الجسم المختلفة ويؤدي الضرر في خلايا الجسم الاعتيادية الى تأثيرات مبكرة مثل التهاب الجلد او التاثيرات متأخرة مثل مرض المرطان (تأثيرات جسدية) . اما الأضرار التي تحدث في الخلايا التناسلية فيمكن ان تؤدي الى حدوث ولادات مشوهة ويمكن ان ينتقل الضرر الى الأجيال اللاحقة (تأثيرات وراثية) .

س / ما الأجراء الاحترازي اللازم اتخاذه لكي نقي انفسنا من مخاطر الإشعاع النووي الخارجي الذي قد يمكن ان نتعرض له اضطراريا ؟



ج / وجوب تجنب التعرض للإشعاعات النووية أساساً وفي حالة التعرض لمثل هذه الإشعاعات اضطرارياً يجب علينا :

1 - تقليل زمن التعرض للاشعاع النووي الى اقل ما يمكن .

2 - الابتعاد عن مصدر الاشعاع النووي اكثر ما يمكن .

3 - استعمال الحواجز الواقية والملائمة (درع shield) بين الانسان ومصدر الاشعاع النووي (استعمال مادة الرصاص مثلا) .

س / هل توجد تطبيقات واستعمالات مفيدة وسلمية للإشعاع النووي والطاقة النووية ؟

ج / 1 - في المجال الطبي : يمكن استعمال الإشعاع النووي والطاقة النووية في القضاء على بعض الكائنات المرضية التي تسبب بعض الأمراض كالفيروسات وكذلك في تعقيم بعض المستلزمات الطبية .

2 - في المجال الزراعي : في دراسة فسلجة النبات وتغذيته وحفظ المواد الغذائية .

3 - في المجال الصناعي : في تسير المركبات الفضائية وكذلك في تسير السفن البحرية والغواصات .

كما ان هناك الكثير من التطبيقات المفيدة الأخرى للانسان وفي مختلف مناحي الحياة .

خلاصة الفصل العاشر

ان النواة تتكون من جسيمات البروتونات الموجبة الشحنة وجسيمات النيوترونات المتعادلة الشحنة (شحنة النيوترون تساوي صفرا) اذ يطلق على البروتون او النيوترون بالنيوكليون (او بالنوية) ، اي ان النواة تتكون من النيوكليونات .

وان مجموع عدد البروتونات والنيوترونات في النواة فيسمى العدد الكلي (A) ويعطى على وفق العلاقة الآتية :

$$A = Z + N$$

الكتل السكونية : هي كتل الذرات المتعادلة والنوى والجسيمات (مثل البروتون ، النيوترون ، جسيمة الفا ..... الخ) .

ويمكن ايجاد الطاقة المكافئة للكتلة بحسب العلاقة :

$$E = m\,c^2$$

ان الطاقة المكافئة لكتلة مقدارها (1 u) قد وجد انها تساوي تقريباً (931 MeV) حيث ان :

$$c^2 = 931 \left(\frac{MeV}{u} \right)$$

ايجاد كثافة النواة التقريبية	ايجاد حجم النواة	ايجاد نصف قطر النواة	ايجاد شحنة النواة
بأستخدم العلاقة التالية : $(\rho = \frac{m'}{V})$ حيث ان : m' كتلة النواة التقريبية و تساوي $(A \times u)$.	باعتبار ان شكل النواة هو كروي ذات نصف قطر R نستخدم العلاقة التالية : $(V = \frac{4}{3} \pi R^3)$ $(V = \frac{4}{3} \pi r_0^3 A)$	ان شكل النواة هو كروي فوجد ان نصف قطر النواة (R) يتغير تغيرا طرديا مع الجذر التكعيبي للعدد الكتلي (A) . $(R = r_0 A^{\frac{1}{3}})$ حيث ان r_0 هو مقدار ثابت يسمى ثابت نصف القطر $(1.2 \times 10^{-15}\ m)$.	شحنة النواة تساوي مجموع شحنات البروتونات الموجودة فيها . ويمكن ايجادها بالعلاقة $(q = Ze)$ حيث $+e$ هو شحنة البروتون وتساوي $1.6 \times 10^{-19}\ C$

الانحلال الاشعاعي : ان بعض نوى العناصر تكون غير مستقرة (مشعة) ومن ثم تسعى لكي تكون مستقرة من خلال انحلالها .
وهناك ثلاثة أنواع رئيسية للانحلال الاشعاعي هي : 1 - انحلال ألفا . 2 - انحلال بيتا . 3 - انحلال كاما .

اولاً : انحلال ألفا

تعاني النواة غير المستقرة انحلال ألفا التلقائي عندما تكون كتلة النواة وحجمها كبيرين نسبيا .والمقصود بـ (جسيمة الفا) هي نواة ذرة الهيليوم وتتكون من بروتونين . وهي ذات شحنة موجبة تساوي ($+2e$)
ويرمز لها بالرمز ($^{4}_{2}He$) او (α)

$$^{240}_{94}Pu \rightarrow ^{236}_{92}U + ^{4}_{2}He$$

(النواة الأم) (نواة البلوتونيوم) (النواة الوليدة) (نواة اليورانيوم) (جسيمة ألفا)

يمكن إيجاد طاقة الانحلال لنواة تنحل بوساطة انحلال الفا من العلاقة :

$$Q_{\alpha} = \left[M_p - M_d - M_{\alpha} \right] c^2$$

ان الشرط اللازم لنواة تنحل تلقائيا بوساطة انحلال ألفا هو ان تكون قيمة طاقة الانحلال (Q_{α}) موجبة ، اي ان ($Q_{\alpha} > 0$) .

ثانياً : انحلال بيتا

المقصود بـ انحلال بيتا : هو الانحلال الاشعاعي التلقائي الثاني والذي من خلاله تستطيع بعض النوى الوصول الى حالة اكثر استقرار .
وتوجد ثلاثة طرائق تنحل بها بعض النوى تلقائيا بانحلال بيتا وهي :

1- انبعاث جسيمة بيتا السالبة (او الالكترون) :
ويرمز لها بالرمز (β^-) او ($^{0}_{-1}e$) .
وهي ذات شحنة سالبة ($-e$)
وتسمى هذه العملية انحلال بيتا السالبة .

2 - انبعاث جسيمة بيتا الموجبة (او البوزترون) :
ويرمز لها بالرمز (β^+) او ($^{0}_{+1}e$) .
وهي ذات شحنة موجبة ($+e$)
وتسمى هذه العملية انحلال بيتا الموجبة .

3 - اسر (اقتناص) النواة لأحد الالكترونات الذرية المدارية الداخلية :
وتسمى هذه عملية الأسر الالكتروني .

وعندما تبعث النواة الالكترون فهو نتاج انحلال احد نيوترونات النواة الى بروتون والكترون ومضاد النيوترينو .
ويعبر عن هذا الانحلال بالمعادلة النووية الآتية :

$$^{1}_{0}n \rightarrow ^{1}_{1}P + \beta^- + ^{0}_{0}\bar{\nu} \quad , \quad (\beta^- = ^{0}_{-1}e)$$

ويحدث هذا الانحلال بسبب ان نسبة عدد نيوترونات الى عدد بروتونات النواة هي اكبر من النسبة اللازمة لاستقرارها .

وعندما تبعث النواة البوزترون فهو نتاج انحلال احد بروتونات النواة الى نيوترون وبوزترون ونيوترينو .
ويعبر عن هذا الانحلال بالمعادلة النووية الآتية :

$$^{1}_{1}P \rightarrow ^{1}_{0}n + \beta^+ + ^{0}_{0}\nu \quad , \quad (\beta^+ = ^{0}_{+1}e)$$

ويحدث هذا الانحلال بسبب ان نسبة عدد نيوترونات الى عدد بروتونات النواة هي اصغر من النسبة اللازمة لاستقرارها .

ثالثاً : انحلال كاما

المقصود بـ انحلال كاما : وهو الانحلال الاشعاعي التلقائي الثالث ، حيث يتم الوصول الى حالة اكثر استقرارا وذلك بانبعاث اشعة كاما .
والمقصود بـ أشعة كاما : هي اشعة كهرومغناطيسية (فوتونات) ذات طاقة عالية او تردد عال ، كتلتها السكونية وشحنتها تساوي صفرا .

ويرمز لها بالرمز (γ) او ($^{0}_{0}\gamma$) اذ ان العدد الذري والعدد الكتلي لها يساويان صفراً .

المعادلة النووية لنواة تعاني انحلال كاما :

$$^{240}_{94}Pu^* \rightarrow ^{240}_{94}Pu + ^{0}_{0}\gamma$$

(النواة الأم) (نواة البلوتونيوم المتهيجة) (النواة الوليدة) (نواة البلوتونيوم) (أشعة كاما)